

43
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“GUIA PARA EL SUPERVISOR DEL ÁREA
DE SOLDADURA INDUSTRIAL”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

ELECTRICISTA

PRESENTA:

FELIX GLORIA CUEVAS

ASESOR: ING. FEDERIQUE JAUREGUI RENAUD

MEXICO

1997



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

A MIS PADRES

**JESÚS GLORIA Y VILLANUEVA
Y
ALFONSINA CUEVAS VILLANUEVA**

**CON TODO MI CARIÑO Y RESPETO. POR
SABER SER EL IMPULSO QUE MUEVE MI
VIDA.**

A MIS HERMANOS

**GUADALUPE
RODOLFO
VÍCTOR
JOSEFINA
LUZ MARÍA
MERCEDES
EDUARDO**

**POR SU CARIÑO Y APOYO
INCONDICIONAL**

A MI TÍA

AMALIA GLORIA Y VILLANUEVA

**POR SU CARIÑO Y APOYO
INCONDICIONAL.**

A MIS AMIGOS

**SILVIA VEGA MYTTOY
LEOPARDO AQUILAR
JUAN CARLOS DAZAN P.**

**AFORTUNADO ES AQUEL QUE CUENTA
CON EL APOYO INCONDICIONAL Y
SINCERO DE AQUELLOS A LOS QUE
LLAMA AMIGOS.**

AL INGENIERO

FEDERIQUE JAUREQUI RENAUD

**CON MUCHO RESPETO, ESTIMACIÓN Y
AGRADECIMIENTO POR APOYARME EN
LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE
TRABAJO DE TESIS.**

AL INGENIERO

MIQUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ

**AGRADECIENDO SU APOYO Y QUIA
PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE
TRABAJO.**

A MI ESCUELA

ENEP ARAGÓN
UNAM

**ESPECIALMENTE A TODOS LOS QUE
FUERON MIS MAESTROS. POR
COMPARTIR SUS CONOCIMIENTOS.**

***ESTE TRABAJO LO DEDICO MUY ESPECIALMENTE A LA MEMORIA DE
AQUELLA GRAN SEÑORA DOÑA AMALIA VILLANUEVA RAMÍREZ, QUIEN
SIEMPRE SUPO DAR SU CARIÑO SIN RESERVAS NI CONDICIONES.***

INDICE.

	<i>INTRODUCCIÓN.</i>	v
1.	<i>IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA</i>	1
	1.1. <i>ASPECTOS BÁSICOS.</i>	3
	1.2. <i>ANTECEDENTES HISTÓRICOS.</i>	4
	1.3. <i>EL OFICIO DE LA SOLDADURA</i>	11
2.	<i>SOLDABILIDAD DE LOS METALES.</i>	15
	2.1. <i>LOS METALES.</i>	17
	2.2. <i>PROPIEDADES DE LOS METALES.</i>	18
	2.3. <i>FUNDAMENTOS DE METALURGIA DE LA SOLDADURA.</i>	21
	2.4. <i>CONCEPTO DE SOLDABILIDAD.</i>	24
	2.5. <i>SOLDABILIDAD DE LOS METALES.</i>	28
3.	<i>PROCESOS DE MAYOR APLICACIÓN EN MÉXICO.</i>	45
	3.1. <i>CLASIFICACIÓN.</i>	47
	3.2. <i>ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO.</i>	52
	3.3. <i>SOLDADURA OXIACETILÉNICA.</i>	63

3.4. ARCO METÁLICO CON PROTECCIÓN DE GAS (GMAW) (MIG).	70
3.5. ARCO DE TUNGSTENO CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE (GTAW) (TIG).	82
3.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA.	87
3.7. PROCESO ALUMINOTÉRMICO (SOLDADURA DE TERMITA).	93
3.8. SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW).	97
3.9. PROCESO PLASMA.	103
4. DISEÑO EN SOLDADURA.	109
4.1. INTRODUCCIÓN.	111
4.2. FACTORES DE DISEÑO.	113
4.3. REGLAS DE DISEÑO EN UNIONES SOLDADAS.	116
4.4. SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.	119
5. LA GESTIÓN DENTRO DEL ÁREA.	129
5.1. LA GESTIÓN Y LA SUPERVISIÓN.	131
5.1.1. NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL BUEN SUPERVISOR.	135
5.1.2. RELACIONES HUMANAS.	141
5.1.3. CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE EMPLEADOS.	150
5.2. GENERALIDADES DE SEGURIDAD.	154
5.2.1. PRINCIPALES RIESGOS EN SOLDADURA.	157

5.2.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.	167
5.2.3. NORMAS LEGALES.	172
5.3. ELEMENTOS DEL COSTO.	175
5.3.1. METAL DE SOLDADURA PARA LAS UNIONES.	177
5.3.2. DATOS DEL COSTO.	184
5.3.3. COSTOS DIVERSOS.	190
5.3.4. REDUCCIÓN DE COSTOS.	193
5.4. CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA.	196
5.4.1. DESARROLLO DE SISTEMAS DE CALIDAD PARA SOLDADURA.	198
5.4.2. DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA.	208
5.4.3. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE LOCALIZACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN METALES Y UNIONES SOLDADAS.	213
5.4.4. PRUEBAS DESTRUCTIVAS.	224
5.4.5. CÓDIGOS Y NORMAS.	228
6. EL PROCESO DE SOLDADURA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERIAS.	237
6.1. IMAGEN DE LA ORGANIZACIÓN.	239
6.1.1. ASPECTOS TÉCNICOS Y NORMATIVIDAD DEL RAMO.	247
6.1.2. EL PAPEL DE LA SOLDADURA.	250
6.2. PROCESOS CON SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO.	251
6.2.1. CON ELECTRODO REVESTIDO.	254

6.2.2. CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE-GMAW (PROCESO MIG).	255
6.3. PROCESOS CON SOLDADURA OXIACETILÉNICA.	256
CONCLUSIONES.	259
ANEXO 1 GLOSARIO DE TERMINOS.	265
ANEXO 2 UNIDADES Y EQUIVALENCIAS.	289
BIBLIOGRAFÍA.	295
HEMEROGRAFIA.	299

INTRODUCCIÓN.

La importancia de la soldadura se basa en el hecho de que en la vida diaria nos encontramos rodeados de artículos que, en mayor o menor porcentaje han sido soldados, los cuales utilizamos cotidianamente y continuamente.

Prácticamente en todos los campos de la Ingeniería se aplica la tecnología de la soldadura, pudiendo citar las áreas Mecánica, Eléctrica, Industrial, Electrónica, Química, Aeroespacial, Naval, Civil, Transporte, Militar, Patrolera, etc.

Siendo la soldadura un proceso básico y estratégico de la manufactura, construcción, mantenimiento, seguridad, calidad y vida útil de los bienes inmuebles y de capital construidos o fabricados en todas las ramas de la Ingeniería, a través de uniones soldadas en forma eficiente y segura.

Definida la soldadura como la acción de unir dos o más materiales de semejante composición química, para formar a partir de éstos un todo homogéneo o una continuidad de material.

El presente trabajo de Tesis, se propone reunir un conjunto de datos y principios básicos dentro del área de la soldadura industrial. Presentados de la siguiente manera:

Importancia de la soldadura.- Se plantean los antecedentes históricos y aspectos relacionados al oficio de la soldadura. Se define al proceso de soldadura como un método eficaz y de bajo costo para la unión de dos o más piezas (en metales comerciales), además de que se puede utilizar en cualquier parte y que permite flexibilidad en el diseño de la junta, tomando en

consideración, que una junta que necesita desarticularse no puede ser una junta soldada, por tanto, la unión soldada es para siempre.

Soldabilidad de los metales.- Se analizan las propiedades de los metales que se asocian a la metalurgia. Se explica y define el concepto de soldabilidad de los metales.

Procesos de mayor aplicación en México.- A través de una clasificación de los procesos, se establece el planteamiento de éstos como sigue:

Arco eléctrico con electrodo revestido.

Soldadura oxiacetilénica.

Arco metálico con protección de gas inerte (proceso MIG).

Arco de Tungsteno con protección de gas inerte (proceso TIG).

Resistencia eléctrica.

Soldadura aluminotérmica (proceso con termita).

Soldadura por arco sumergido.

Arco plasma.

Diseño en soldadura.- Se plantean las principales reglas de diseño de uniones soldadas, así como, los factores de diseño para satisfacer los requisitos de operación durante la vida útil de las construcciones soldadas.

La gestión dentro del área.- Se plantean los avances de la dirección empresarial, relacionándolos con las necesidades y características de los supervisores, enfocando la gestión y su concepto al nuevo panorama de competencia global. Donde las relaciones humanas, la capacitación y la comunicación son fundamentalmente necesarias, para el desarrollo del sistema social y abierto que es la empresa.

Se plantean también los principales riesgos y precauciones de seguridad relativas a la soldadura, citando las principales normas de seguridad e higiene industrial relativas a la soldadura. Las personas pueden ser consideradas responsables por aquellas acciones sobre las cuales tienen control, pero no

pueden ser consideradas culpables más allá de los límites de su autoridad. Por ello la seguridad e higiene industrial es asunto de todos.

La importancia de los costos de soldadura, se ve reflejada en los beneficios que obtiene la empresa, por tanto, se plantean los cálculos básicos para obtener el costo de soldadura.

El control de calidad y sus principales factores se visualizan, sugiriendo las actividades necesarias y explicando los diferentes sistemas de inspección que se utilizan para el proceso de soldadura.

El proceso de soldadura en la fabricación de carrocerías.- Aquí se considera la aplicación de la tecnología de la soldadura en una actividad empresarial concreta y la importancia que el proceso de soldadura representa en el armado de una carrocería para el transporte de pasajeros, trátase del servicio público urbano o foráneo, independientemente del sistema de propulsión que asista a dichos transportes.

A través de los aspectos técnicos y la normatividad dentro del ramo carrocerero, se plantean los principales factores que deben cumplirse en la fabricación de la estructura de la carrocería.

Se muestra un ejemplo de utilización de mano de obra y su especialidad, dentro del área de manufactura de la estructura del modelo de autobús integral que actualmente se fabrica, para hacer hincapié en la importancia de la tecnología de la soldadura.

Se plantea cuales son los procesos de soldadura utilizados y porque son usados en la fabricación de carrocerías, explicando su aplicación en el entramado de la estructura y que otros accesorios se fabrican utilizando el proceso de soldadura.

De esta manera se pretende integrar los conceptos más sobresalientes de la tecnología de la soldadura, para la formación de especialistas que dominen el trabajo técnico moderno, con una aplicación eficaz y disciplinada. Capaces de

organizar hoy el trabajo de la mejor manera posible, para cumplir los objetivos de hoy. No aceptando las soluciones adecuadas, en lugar de las óptimas.

La formación del personal, debe ser una permanente renovación y puesta al día del capital humano de la empresa, considerado el activo más valioso.

CAPITULO 1.

IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA



1.1. ASPECTOS BÁSICOS.

En la actualidad no existe empresa alguna que no utilice la soldadura, ya sea dentro de sus procesos productivos, o bien para la conservación o reparación de sus equipos e instalaciones. La vida diaria nos rodea de artículos que en mayor o en menor porcentaje han sido soldados: barcos, trenes, automóviles, camiones y autobuses, grúas, aviones, tanques de almacenamiento, tuberías, edificios, puentes, estructuras, muebles, etc., ejemplos de la gran variedad de productos tanto industriales como domésticos que utilizamos.

La soldadura es la más eficaz y la única forma posible de unir dos o más piezas de metal para hacerlas actuar como una sola. Se usa ampliamente y este aumenta cada vez más. Si una junta está soldada, entonces es una junta permanente. Es obvio, si esta debe ser desensamblada ocasionalmente, no deberá soldarse.

Por tanto "la soldadura es el método más económico de unir en forma permanente partes de metal. Existen muchas formas de hacer una soldadura y muchos diferentes tipos de soldadura. El soldador que lleva puesta una careta y que produce chispas, emplea uno de los procesos más populares, conocido como soldadura de arco.

Sin embargo soldar se ha vuelto complejo y técnico; requiere de un conocimiento considerable para seleccionar el proceso adecuado para un trabajo específico. El oficio de soldadura consiste, entonces, en aprender lo suficiente acerca de la soldadura para aprovechar sus múltiples ventajas.

- La soldadura es un método de unión de bajo costo
- Une prácticamente todos los metales comerciales.
- Puede usarse en cualquier parte.
- Proporciona flexibilidad en el diseño.

1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Dice la tradición que hace aproximadamente 2500 años, un herrero griego de nombre Glaukos, que vivía en la ciudad de khios, inventó la forma de soldar el hierro, calentando primero el metal para ablandarlo y después fusionarlo por medio de martilleo (proceso de soldadura por forja)*REF. . Anteriormente el proceso de soldadura no implicaba la fusión de las partes a unir y llegaba a usarse oro para complementar la soldadura.

EDAD DE BRONCE	- Hace más de 2500 años se dio la unión de piezas de oro por presión.
EDAD DE HIERRO	- Aproximadamente hace 1000 años los Egipcios y otros pueblos del mediterráneo aprendieron a unir piezas de fierro.
EDAD MEDIA	- La herrería se desarrollo en alto grado y se produjeron muchos artículos de hierro, unidos por golpe de martillo.
1774	- J. Priestley (Inglés), calentó óxido de mercurio para producir oxígeno.
1800	- A. Volta (Italiano), descubrió que dos metales desiguales cualesquiera conectados por una sustancia que se volvía conductora al humedecerla, formaría una pila voltaica. La unidad volt se deriva de su apellido.
1801	- Sir H. Davy (Inglés), descubrió que se podía crear y sostener un arco entre dos terminales.
1820	- A.M. Ampere fue el precursor en el campo del electromagnetismo.

*REF. Tomada de la pag. 4, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz.

1820	- H. C. Oersted (Danés), estableció la relación entre la electricidad y el magnetismo.
1827	- G. S. Ohm descubrió la resistencia de un circuito eléctrico.
1831	- M. Faraday (Inglés), obtuvo electricidad con imanes, sus experiencias dieron origen a la dínamo.
1835	- E. Davy (Inglés), descubrió el gas acetileno, pero su fabricación resultó muy costosa.
1837	- Desbassyns de Richemont (Francés), descubre la llama aerohídrica.
MEDIADOS DEL SIGLO XIX.	- Se invento el generador eléctrico.
1850	- H. Sainte-Claire-Deville (Francés), estudia la llama oxihídrica.
1856	- Joule (Inglés), logra la soldadura a base de dos hilos de acero con corriente de alta intensidad.
1877	- E. Thomson (Inglés), realiza la soldadura por presión.
1881	- A. de Meritens (Francés), pudo unir placas de plomo de acumuladores con el proceso de arco de carbón.
1885	- N. Bernardos y S. Olczewski (Rusos), usaron el proceso de arco de carbón para soldar metales con arco.
1886	- Zereener (Alemán), dirige mediante una bobina soplante, el arco creado entre dos electrodos de carbón.

1887	- T. Fletcher (Alemán), primeros ensayos de perforación del acero con chorro de oxígeno
1888	- N. Slavianoff (Ruso), fue el primero en usar un electrodo de metal desnudo para la soldadura de arco.
1889	- H. Zerener (Alemán), fue el primero en usar el proceso de doble arco de carbón.
1892	- C.L. Coffin (Americano), se le atribuye también el uso del primer electrodo de metal desnudo y el primer proceso de soldadura por puntos.
1892	- T. L. Wilson (Canadiense), descubrió un método poco costoso para fabricar gas acetileno.
1892	- H. Moissan (Francés), fabrica el carburo de calcio en horno eléctrico.
1894	- Jottrand, logra la primera soldadura industrial con la llama oxihídrica.
1895	- H. Le Chatelier (Francés), descubrió la combustión de oxígeno y acetileno.
1898	- Linde (Alemán), fabricación industrial del oxígeno.
SIGLO XX	- La soldadura , tal como la conocemos actualmente es descubierta.
1900	- E. Fouch y F. Picard (Franceses), desarrollaron el primer soplete de oxiacetileno.

1901	- Sociedad Köln Musener (Alemana), primera patente sobre la combinación de una llama de calefacción y de un chorro de oxígeno.
1902	- G. Claude (Francés), fabricación industrial del oxígeno por doble rectificación.
1903	- La soldadura de termita fue inventada por Goldschmidt, y se uso para soldar rieles de ferrocarril.
1904	- Ch. Picard (Francés), soplete especial para el oxicorte.
1905	- Jottrand, presentación de las primeras experiencias de oxicorte en el congreso de la metalurgia en Lieja y primeros estudios.
1906	- R. Granjon y P. Rosemberg (Franceses), crean en París la "Office central de L'Acétylene", para las aplicaciones de este gas para el alumbrado, que se orientará después hacia la soldadura.
1907	- Kjelberg, de Suecia invento el primer electrodo recubierto para soldadura de arco, mejorándolo en 1914.
1908	- N. Bernardos (Ruso), desarrolló un proceso de electroescoria, que se está volviendo muy popular.
1910 - 1912	- A. Le Chatelier (Francés), primeras construcciones industriales por soldadura por arco.
1913	- J.E. Languépin (Francés), producción industrial de máquinas para soldar por resistencia.
1914	- Strohmenger (Inglés), desarrolló el primer electrodo envuelto en asbesto.

<p>PRIMERA GUERRA MUNDIAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trajo consigo una tremenda demanda de la producción del material de metal. - Primer barco soldado en su totalidad por Británicos. - Los Holandeses empezaron a soldar fuselajes de aviones.
<p>1919</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Veinte miembros del comité de soldadura en tiempos de guerra fundaron la sociedad americana de soldadura. - La soldadura de corriente alterna fue inventada por C. J. Holslag sin embargo , no se volvió popular hasta 1930.
<p>ANOS 20's</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se desarrollaron varias y diferentes calidades y tipos de electrodos de soldadura. - Interés considerable en proteger el arco y el área que se iba a soldar por medio de gases aplicados externamente.
<p>1920</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se introdujo la soldadura automática que utilizaba un alambre de electrodo desnudo operado con corriente directa y un voltaje de arco como base para regular la alimentación del alambre electrodo por P. D. Nobel de la General Electric Company.
<p>1924</p>	<ul style="list-style-type: none"> - J. Bethenod (Francés), preconiza el empleo de la corriente de alta frecuencia para estabilizar el arco.
<p>1924</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Irwing Langmuir (Americano), estudia la disociación del hidrógeno y propone la soldadura con hidrógeno atómico.
<p>1926</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alexander (Americano), soldadura en medio reductor.
<p>1926</p>	<ul style="list-style-type: none"> - H. M. Hobart utilizó atmósferas de argón y helio, patentes precursoras de los procesos GTAW y GMAW.

1927	- R. Sarazin (Francés), primera cabeza francesa de soldadura por arco
1930	- Creación en París del Institut de Soudure y de L'École Supérieure de Soudure.
1930	- En New York es desarrollado el proceso de soldadura de espárragos. - La soldadura por arco sumergido se volvió sumamente popular. Desarrollada por la National Tube Company.
1934	- R. Sarazin y M. Moneyron (Franceses), puesta a punto del electrodo básico y aplicaciones en la construcción naval.
1935	- H.E. Kennedy, L.T. Jones y M.A. Rodermund (Americanos), desarrollaron el proceso de soldadura de arco sumergido.
1936	- Soldadura automática bajo flujo conductor, sistema Unionmelt (E.U.A.)
1938	- La General Electric Co. Y la "Westinghouse" (E.U.A.) proponen el control electrónico en las soldaduras por resistencia.
1938	- R.C. Reinhardt (Americano), primeras soldaduras de materias plásticas.
1938	- I.G. Farbenindustrie (Alemana), soldadura de las materias plásticas en plan industrial.

1941	- Es patentado el proceso de soldadura por arco de Tungsteno con gas, que se ha convertido en uno de los procesos más importantes de soldadura por arco.
1942	- R. Meredith (Americano), desarrolló el primer soplete para el proceso TIG.
1948	- Se desarrolló el proceso de soldadura MIG.
1953	- Lyubauskir Novoshilov anunciaron el uso de la soldadura con electrodos consumibles en un ambiente de bióxido de carbono.
1954	- Es inventado el proceso de protección doble lo cual indica que se utilizo gas externo como protección, así como el gas producido por el fúndente en el núcleo del alambre.
1957	- El proceso de soldadura por arco plasma el cual es muy similar a la soldadura por arco de Tungsteno, fue inventado por Gage. - Es presentado el proceso de soldadura por haz de electrones, en el cual se emplea un haz de electrones enfocado como una fuente de calor en una cámara de vacío.
1958	- El proceso de soldadura electroescorial fue presentado al mundo occidental por los soviéticos.
1959	- Se introdujo un electrodo externo que no requería protección con gas externo

1.3 EL OFICIO DE LA SOLDADURA.

La soldadura tiene tal diversidad de aplicaciones que será difícil mencionar una industria metalmeccánica en donde no utilicen soldadura en menor o mayor medida, la AWS (American Welding Society) tiene una lista de más de 90 procesos diferentes para soldadura y corte, de tal manera que un soldador podría trabajar en una línea de ensamble en labores sencillas o en los rascacielos, en una mina o bajo el mar.

Aunque no es posible enlistar todos los aspectos e industrias en que se emplea la soldadura, se muestra su diversidad y alcance:

- Oleoductos y Gasoductos
- Equipos de perforación petrolera
- Industria de la construcción
- Fabricación de maquinaria
- Equipo para soldadura
- Equipo militar
- Ferrocarriles y Puentes
- Minas
- Autobuses
- Automóviles y Motocicletas
- Construcción y reparación de Buques
- Aviones
- Industria Aeroespacial
- Salvamentos Submarinos
- Industria Metalmeccánica
- Trabajo de hierro ornamental

El periodo necesario para el adiestramiento adecuado de soldadores expertos puede variar desde tres meses hasta tres años o más dependiendo de las actividades o áreas a desarrollar.

Debido a que muchas vidas dependen de las soldaduras que se produzcan, se requerirá que los trabajadores se sometan a exámenes de soldadura en intervalos muy frecuentes.

Estos exámenes pueden ser muy sencillos en el taller o en pruebas controladas por autoridades. Al personal de soldadura se le examina con mucha mayor frecuencia que a los operarios de otros gremios para determinar la calidad del trabajo que ejecutan.

Para las diferentes actividades relacionadas con este campo se requiere acumular experiencia y preparación para escalar niveles dentro de la industria.

Cualquier persona que desee hacer su carrera en la soldadura debe gozar de buena salud, tener buena vista, además de un adecuado control muscular para llevar a cabo las aplicaciones prácticas de la soldadura.

Un soldador experto siempre encontrará un puesto en la industria, entre los conocimientos más útiles para cualquier persona interesada en hacer una carrera en soldadura están los relacionados con la composición química, resistencia, ductilidad, impermeabilidad, tensión, la Metalurgia, interpretación de Dibujo Mecánico, Matemáticas y Física.

Dichos conocimientos dan la base necesaria para poder realizar con éxito los trabajos de soldadura, aplicando el tratamiento adecuado que en cada caso concreto corresponda.

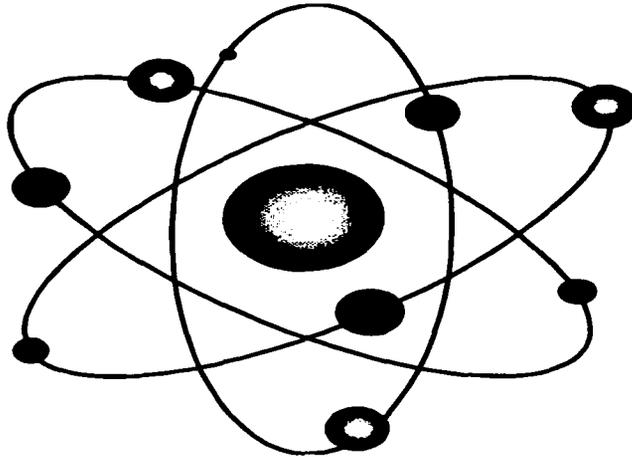
Además no se deben pasar por alto las numerosas oportunidades industriales relacionadas con la industria de la soldadura que requieren un alto grado de conocimientos, incluyendo ventas, el trabajo de laboratorio, el control de calidad, la investigación científica y que incluyen actividades tales como redactor técnico, propietario u operador de taller especializado, instructor de soldadura, etc....

Por esto la capacitación de personal en áreas técnicas se hace cada vez más necesaria, ya que el desarrollo industrial a nivel mundial avanza de una manera acelerada dejando en ocasiones rezagados los sistemas de preparación de recursos humanos.

La teoría debe ir al unísono con la práctica, una obra será tanto más perfecta cuanto más y mayores sean los conocimientos de los que la ejecutan.

CAPITULO 2.

SOLDABILIDAD DE LOS METALES.



2.1. LOS METALES.

El progreso efectivo del hombre se hizo palpable desde que utilizó los metales, muchos de los productos actuales incluidos en nuestras necesidades comunes, serían imposibles.

La metalurgia es la ciencia que estudia la extracción de los metales desde su estado primitivo, su refinación y preparación para su uso, incluyendo su composición, estructura y propiedades, así como su conducta al exponerlos a las diferentes condiciones de uso.

El proceso de los metales requiere varias etapas que pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1.- La extracción de los metales.
- 2.- La refinación de ellos.
- 3.- Su conversión a metales útiles, usados en distintas combinaciones (aleaciones y formas) tales como: fundición, láminas, perfiles comerciales, etc..

La mayoría de los metales no se encuentran en estado puro, pues comúnmente están mezclados con otros elementos. De tal manera que, cada elemento es una sustancia diferente de las otras, pero que mezcladas o unidas; ya sea por la naturaleza o por el hombre, es posible obtener interminable número de materiales.

Metal, es un elemento que debe tener todas o la mayor parte de las siguientes características:

- a) Solidez a la temperatura ambiente.

- b) Opacidad.
- c) Buen conductor del calor y la electricidad.
- d) Reflejos brillantes cuando se pule.
- e) Que parezca hecho de pequeños cristales, visto al microscopio
- f) Que sufra dilatación cuando se caliente y contracción cuando se le enfríe.
- g) Son fuertes, tenaces y dúctiles.
- h) Se maquinan con facilidad.

2.2 PROPIEDADES DE LOS METALES.

FÍSICAS.

RESISTENCIA, O RESISTENCIA MECÁNICA.- Es la capacidad de un metal para oponerse a su destrucción bajo la acción de cargas externas. El valor de la resistencia indica la fuerza que se requiere para vencer los ligamentos que mantienen unidas las moléculas que forman las estructuras de los cristales, se puede expresar en libras/pulgada cuadrada o en Kilogramo/milímetro cuadrado.

ELASTICIDAD.- La mayoría de los metales no se rompen en forma repentina. Los metales son elásticos, se estiran, se doblan, o se tuercen bajo la acción de una fuerza, y regresan a su tamaño original (dependiendo de la magnitud de la carga) cuando se suprime la fuerza.

DUCTILIDAD.- Un material dúctil es aquel que puede deformarse permanentemente sin romperse o sin fallar. El hecho de que un metal se doble con facilidad no significa necesariamente que sea dúctil, a menos que tal doblez represente una deformación permanente.

FRAGILIDAD.- Es la propiedad contraria a la ductilidad, los materiales frágiles son elementos que fallan sin deformación permanente apreciable. Una sustancia frágil tiene también baja resistencia al choque o al impacto, o sea, a la aplicación rápida de fuerzas. Un ejemplo de metal frágil es la fundición ordinaria de hierro.

TENACIDAD.- Es la propiedad de un metal que le permite soportar esfuerzo y deformación considerables, aplicando lenta o súbitamente, en forma continua o intermitente, y deformarse antes de fallar, la prueba que se usa con más frecuencia para determinar la tenacidad de los metales es la prueba de impacto.

DUREZA.- Esta propiedad se puede definir de diferentes formas, por ejemplo, como la capacidad de un material para resistir la indentación o la penetración, como la capacidad de un material para resistir la abrasión o la ralladura, o también como un índice de la maquinabilidad.

QUÍMICAS.

CORROSIÓN.- Es la pérdida paulatina de los metales por combinación lenta y gradual con otros elementos y compuestos químicos. La resistencia a la corrosión es la capacidad de un metal para resistir tal ataque.

El ataque químico puede ser producido por un gas o un líquido, ya sea en caliente o en frío. Un gas común o una combinación de gases, como el aire, o un líquido como el agua pueden hacer que los metales se destruyan por corrosión. Los efectos de la corrosión, en general se ven incrementados por el calor, aunque

para la mayoría de los fines se considera la corrosión como un ataque que tiene lugar a temperatura ambiente.

La forma de corrosión más conocida es la que ocurre cuando los metales reaccionan con el oxígeno para formar óxidos.

ELÉCTRICAS.

CONDUCTIVIDAD (Y RESISTIVIDAD).- Las propiedades eléctricas de un metal, de interés para el soldador, son la resistividad eléctrica del metal, y por consiguiente, su conductividad eléctrica.

La resistencia eléctrica es la fricción que encuentra una corriente eléctrica cuando pase por un material. A medida que aumenta la resistencia ofrecida por un material, se requiere un voltaje más elevado para forzar una corriente dada (en amperes) a pasar por el metal.

Un buen conductor se calienta menos que otro malo cuando se hace pasar la misma corriente por cada uno de ellos.

Al igual que la conductividad térmica, la resistividad eléctrica depende del contenido de elementos de aleación, por otra parte la resistividad aumenta al elevarse la temperatura.

TÉRMICAS

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.- Es una medida de la rapidez a la que fluye el calor por el interior de un material. La conductividad térmica, o capacidad de conducción del calor, de un material, se expresa frecuentemente en kilo-joule por centímetro cuadrado de área.

DILATACIÓN TÉRMICA.- Es el aumento en las dimensiones de un cuerpo debidas a un cambio de su temperatura. El coeficiente de dilatación lineal es la relación entre el cambio de longitud de un material, ocasionado por calentamiento en una unidad de temperatura, y su longitud original. El coeficiente de dilatación cúbica es aproximadamente igual a tres veces el de dilatación lineal.

FUSIBILIDAD.- Es una medida de la facilidad de fusión. Un metal puro no tiene un punto de fusión definido. Las aleaciones y las mezclas de metales, sin embargo, tienen una temperatura a la que comienza la fusión (solidus), y una temperatura más alta a la que termina la fusión (liquidus).

CALOR DE FUSIÓN.- es la cantidad de energía necesaria para cambiar un material de sólido a líquido. El calor es la fuente usual de energía, y el número de calor de fusión es generalmente la cantidad de calor necesaria para cambiar una unidad de peso del sólido al estado líquido.

2.3 FUNDAMENTOS DE METALURGIA DE LA SOLDADURA.

El punto lógico de partida en un examen de las propiedades de los metales y sus aleaciones, es el correspondiente a su estructura atómica. cada metal tiene una estructura cristalina definida.

Las propiedades de los metales dependen de la forma de los cristales, del número de átomos que comprende cada estructura espacial de cristales, de la distancia entre los átomos de la estructura espacial, y de la interrelación de las estructuras espaciales.

Todos los materiales sólidos tienen su estructura (ver fig. 2.1), bien sea cristalina o amorfa. Cuando los metales sobrepasan la temperatura de fusión, la estructura cristalina desaparece, los átomos pierden su distribución regular y adquieren una apreciable movilidad, es decir, que los metales líquidos tienen una estructura amorfa.

Otros factores de los que dependen las propiedades son las características del proceso de solidificación, o los fenómenos asociados con la transformación de los metales del estado líquido al estado sólido.

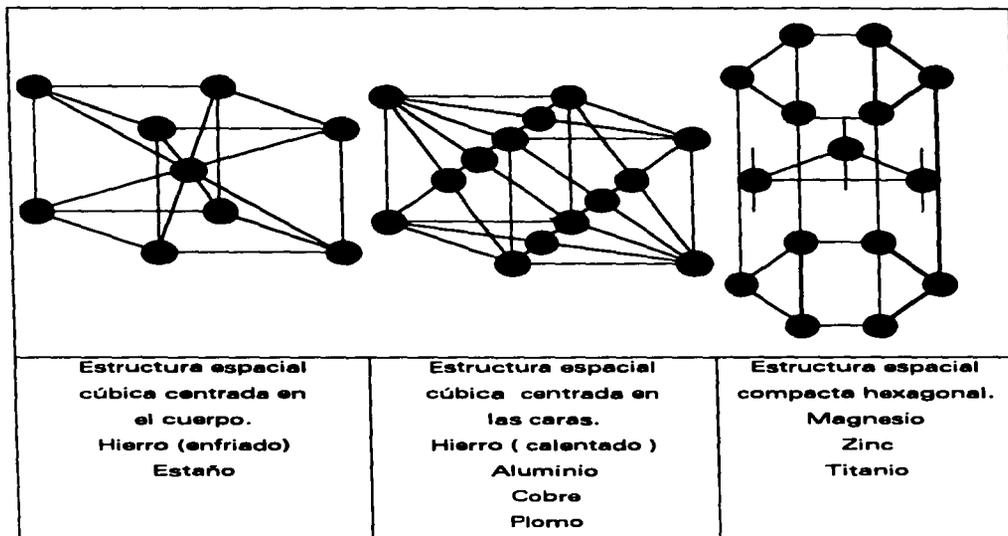


FIG. 2.1 ESTRUCTURA CRISTALINA DE ALGUNOS MATERIALES.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO.

(DIAGRAMA DE CONSTITUCIÓN O DIAGRAMA DE FASE).- Un diagrama de fase es en esencia una representación gráfica de la temperatura sobre la cual son estables las fases de un metal (ver fig. 2.2) ^{4REF.} Por encima de la línea A_3 P (considerando sólo los aceros de bajo contenido de carbono) el acero es austenítico. Al enfriar lentamente, la transformación empieza cuando la temperatura baja al punto A_3 P correspondiente al contenido de carbono del acero, temperatura crítica superior

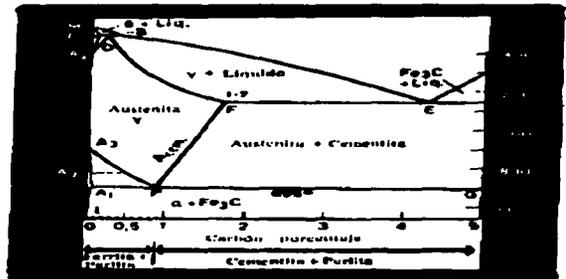


FIG. 2.2 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO
HIERRO - CARBONO.

Cuando se usa la palabra equilibrio, se implica que cualquier cambio que ocurra en un metal puro o en una aleación habrá de ser un cambio irreversible, es decir, cualquier cambio que resulte como consecuencia de una elevación de

^{4REF.} Diagrama tomado de pag. 159, Tratado de Soldadura, Jhon F. Lancaster.

temperatura, por ejemplo, se producirá a la inversa al haber un descenso correspondiente en la temperatura.

Por medio de estos diagramas puede predecirse algo sobre la constitución o microestructura de las aleaciones sólidas, así como también acerca de las fases que pueden existir. La denominación fase se refiere al estado de un metal puro o de una aleación, tal como un metal en estado gaseoso, un metal en estado líquido, o un metal en una de sus diferentes estructuras cristalinas.

Los diagramas de equilibrio permiten hacer los pronósticos siguientes en la especificación de las aleaciones.

1.- Las temperaturas a las que las aleaciones sólidas comenzarían a fundirse, o soldar, y las de terminación de la fusión, o líquidos.

2.- Los cambios posibles de fase que habrían de ocurrir como resultado de la alteración de la composición o de la temperatura.

2.4 CONCEPTO DE SOLDABILIDAD.

Una unión de soldadura es la unidad funcional básica de una estructura soldada. La propiedad más importante en este caso es la soldabilidad de un metal.

Por soldabilidad se comprende la propiedad del metal o combinación de metales, de formar uniones que corresponden a las exigencias condicionadas por la construcción y explotación del mecanismo, utilizando una tecnología determinada de soldadura.^{*REF.}

*REF. Definición tomada de pag. 14. Soldadura y Corte de Metales, M. Janapetov.

Entre mejores propiedades presente un material a soldar, con más facilidad podrá ser fabricada una estructura diseñada adecuadamente y ésta funcionará satisfactoriamente. La soldabilidad está determinada por los siguientes factores:

- Metalurgia de la soldadura
- Química de la soldadura

El proceso de la soldadura realinea los átomos en las redes cristalinas que forman la estructura del metal. Ya que el alineamiento determina la ductilidad y dureza del metal. La química de la soldadura tiene que ver con la interacción química entre los metales base, metales de aporte, y otros elementos químicos presentes durante el proceso de la soldadura.

La habilidad del metal base y metal de aporte para fundirse en una unión sin efectos químicos adversos es un factor importante para determinar la soldabilidad.

Las condiciones de la superficie de la unión afectada directamente por el proceso de soldadura es un factor determinante de la soldabilidad de los materiales que forman una unión soldada.

METALURGIA DE LA SOLDADURA.

La metalurgia de la soldadura trata con la estructura interna de metales, desde el punto de vista de soldadura, los tópicos más importantes son:

- Sólidos VS Líquidos
- Difusión
- Fusión y Solidificación
- Expansión térmica
- Tratamiento térmico

SÓLIDOS VS LÍQUIDOS.

El interés de este estudio está confiado a soldaduras, por lo tanto, se estudiarán átomos en el estado sólido (metálico) o en el estado líquido. La mayor diferencia estructural entre aquellos dos estados es que los átomos están esencialmente fijos en una posición estructurada en el estado sólido y están libres para moverse en el estado líquido.

En el estado sólido cada átomo tiene una locación definida, están alineados fila sobre fila, capa sobre capa. Los átomos ocupan sus casa atrayendo y repeliendo a sus átomos vecinos, mientras todos ellos comparten una nube de electrones en movimiento. Esta configuración total da a los metales en el estado sólido un lustre metálico y conductividad eléctrica.

Mientras ocupan estas posiciones de casa en el estado sólido, los átomos vibran y oscilan entre sus bases de casa, este movimiento es directamente proporcional con la temperatura, conforme ésta sube, el movimiento de los átomos se vuelve más amplio y más rápido.

La fusión ocurre cuando los átomos adquieren la suficiente moción: (energía) para desprenderse de sus vecinos y moverse libremente en estado líquido.

DIFUSIÓN.

Los átomos pueden cambiar de posición en su estado sólido, es más, cualquier átomo puede vagar paso a paso fuera de su casa. Estos intercambios de posición que ocurren en el estado sólido se llama difusión. Cuando la temperatura del metal sólido se acerca al punto de fusión, el proceso de difusión aumenta.

FUSIÓN Y SOLIDIFICACIÓN.

Cuando el metal se funde al estado líquido, los átomos se mueven de un lado a otro energéticamente en una mezcla homogénea. La acción mezcladora es creada por la convección que resulta de la corriente de calor de las áreas calientes a las áreas frías, también se estimula la mezcla por la agitación causada por la

barra de soldadura o presión de una antorcha. El resultado es que los átomos del metal base se mezclan con los átomos del metal que está siendo agregado. La solidificación del metal líquido no puede ocurrir hasta que los átomos pierdan la suficiente energía para que se asienten dentro de una estructura metálica. La energía innecesaria debe ser disipada de algún modo, usualmente en forma de calor, éste es el que rodea más rápido a los átomos que están ya en el estado sólido. cuando esto ocurre, el metal alrededor se calienta, y el líquido se enfría lo suficiente para solidificarse.

La configuración inicial de la estructura conforme se solidifica la soldadura, será determinada por la estructura del metal ya existente en el estado sólido. El crecimiento continua en la misma forma si esto es natural para los átomos presentes, una composición de soldadura puede tomar su propio alineamiento después de que ha empezado a solidificar.

Algunos átomos en una mezcla pueden tender a segregarse cuando se solidifican, pero en general, los átomos mezclados juntos como líquido formarán una soldadura homogénea.

EXPANSIÓN TÉRMICA.

El metal se expande y se contrae debido al ciclo de la temperatura en las vibraciones atómicas, al calentar el metal hay más energía dentro de las vibraciones, y los átomos se alejan, como resultado el metal se expande, y cuando el metal se enfría se contrae. Cuando se aplica calor o se remueve uniformemente de una pieza metálica, las dimensiones cambian sin inducir tensiones internas en la pieza, y cuando la aplicación o la remoción de calor no es uniforme, como en la soldadura, se induce la tensión y puede resultar alguna distorsión.

Las tensiones residuales inducidas por un proceso de soldadura afecta el comportamiento de los metales y puede contribuir a la fatiga o a la corrosión, dichas tensiones permanecen presentes en áreas de soldadura a menos que sean reducidas por algún tratamiento.

RELEVADO DE ESFUERZOS.- Cuando la temperatura del metal sólido se incrementa, la estructura es menos rígida que cuando está a temperaturas más bajas, esto permite a los átomos emigrar hacia sus posiciones apropiadas dentro de la estructura y así reducen previamente la tensión inducida. Cuando el metal está caliente, también es más maleable y puede cambiar configuración sin experimentar tensión.

El factor principal en el uso de tratamientos térmicos es controlar la velocidad, el metal se enfría a la temperatura ambiental. Si la velocidad de enfriamiento se retarda para que el enfriamiento pueda ser casi uniforme, la distorsión de la estructura y sus tensiones inducidas serán minimizadas, dichos tratamientos térmicos por soldadura algunas veces se llaman relevo de tensión o tratamiento de normalizado.

QUÍMICA DE LA SOLDADURA.

La química de la soldadura trata de la interacción química entre el metal de base, el metal de soldadura y otros elementos químicos existentes en el área de la soldadura. El metal base y el metal de soldadura deben ser químicamente compatibles, y otros elementos químicos en el ambiente que rodea al proceso de la soldadura también deben ser considerados.

2.5. SOLDABILIDAD DE LOS METALES

SOLDADURA CON ARCO DE BAJO CARBÓN.

Los aceros de bajo carbón o dulces con 0.30% de carbón, son los maravillosos materiales para construir, resisten todo trabajo pesado, pudiendo ser doblados, perforados y calentados sin que se conviertan en quebradizos.

Los aceros de bajo carbón pueden soldarse con cualquiera de los procesos conocidos, la preferencia de aplicación de determinado proceso, la dieta, el bajo

costo, así como el grueso del material de trabajo, la clase de unión y la posición de la soldadura. Todos los aceros al carbón son soldables con arco eléctrico, pero si el contenido de carbón es muy bajo, entonces esta condición no se presta para aplicar soldaduras de alta velocidad, especialmente en aquellos aceros que tienen menos de 0.13% de carbón y 0.40% de manganeso, en virtud de que tienden a desarrollar porosidad interna. Sin embargo el acero de bajo carbón tiene propiedades ideales para la soldadura, siempre y cuando se observen propiedades ideales para la soldadura, y se sigan las recomendaciones de buena fijación de la pieza, superficies limpias, etc..

En cuanto a los aceros al bajo carbón que tienen 0.13% son de baja resistencia a la tensión y a la dureza, pero en cambio son de gran ductilidad y fuerte resistencia al impacto. aceros de bajo carbón 0.13 a 0.30% son recomendables para trabajos extensos de soldadura.

Los aceros de 0.15 a 0.20% de carbón, en casos de soldarse a 0 grados centígrados, o a menos, con arco, tienen rápido enfriamiento que puede resultar en excesiva dureza cerca de la zona de soldadura y que haya posibilidades de agrietamientos, por lo tanto, en tales casos la pieza deberá precalentarse antes de soldarla, debiéndose aplicar en esta clase de trabajos electrodos de bajo hidrógeno.

INFLUENCIA DE LOS CONSTITUYENTES SECUNDARIOS.

Junto con el carbono, todos los aceros contienen cantidades variables de elementos que influyen en el comportamiento del acero, aumentando por lo tanto, las variables que se consideran cuando se eligen aceros para algunos usos específicos.

AZUFRE.- En los tipos corrientes de acero, el porcentaje de azufre se mantiene por debajo de 0.08%, siempre se combina con el manganeso, para formar sulfuro de manganeso, éste debilita al acero, rompiendo su continuidad.

FÓSFORO.- El fósforo contenido en los aceros satisfactorios varía desde trazas a casi 0.05%, aumenta la tendencia a la formación de grano grueso, y por lo tanto,

debilita al acero, provoca el fenómeno de hacerlos quebradizos a una temperatura alrededor de 400 C°, y esta característica del fósforo se nota en soldadura como una sensibilidad a fisuras durante el enfriamiento del acero, ya que por falta de elasticidad en el rango de temperatura de 400 C°, se agrieta el material al tener que soportar las fuerzas de contracción.

SILICIO.- El silicio contenido en los aceros al carbono varía desde 0.05% a 0.30%. Los aceros aleados especiales pueden contener por encima del 2.25% de silicio. La presencia de este elemento en los aceros, mientras el porcentaje no sea mayor de 0.30% no causará problemas en la soldadura, contenidos mayores, especialmente en el depósito, reducen las características de la resistencia al impacto.

ALUMINIO.- Se utiliza como elemento depositante, sin embargo no es muy recomendable su uso debido a la tendencia de favorecer la formación de grafito.

CROMO.- El cromo le comunica a los aceros dureza, resistencia a las altas temperaturas y aumenta la resistencia al desgaste por abrasión y fricción (con contenidos altos de carbono), es el principal elemento de aleación en muchos de los aceros aleados especiales, se utiliza frecuentemente en aceros para herramienta con el fin de obtener una dureza extrema.

MANGANESO.- se emplea siempre en el acero, teniendo sobre él un efecto benéfico, tanto directa como indirectamente, siempre se añade durante el proceso de fabricación, entre sus propiedades principales se puede mencionar la de contrarrestar la fragilidad debida al azufre y el aumentar la templabilidad, siendo su empleo muy económico.

MOLIBDENO.- Al igual que el tungsteno, mejora la resistencia mecánica y la dureza en caliente de los aceros aliados comerciales. La adición de otros elementos especiales aumenta el valor del molibdeno en los aceros, cromo-molibdeno, níquel-molibdeno, tungsteno-molibdeno y cromo-níquel-molibdeno, son las combinaciones corrientemente utilizadas, los aceros al molibdeno para estructuras encuentran muchas aplicaciones para piezas que se han de tratar térmicamente. Este elemento se emplea tanto en acero estructural como en acero

para herramientas, así mismo aumenta la resistencia a la corrosión en los aceros inoxidables y forma partículas resistentes a la abrasión

NÍQUEL.- En los aceros mejora la resistencia a la fatiga, aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la tenacidad y comunica propiedades notables al acero. Los aceros al níquel con 1.5 a 3% se aplican para estructuras. Éstos en forma de piezas forjadas o coladas, poseen excelentes propiedades mecánicas después de un simple recocido o normalizado. Los aceros que contienen aproximadamente 5% de níquel son famosos por su excelente comportamiento en piezas que están sujetas a severas cargas de choque.

TUNGSTENO.- Mejora la resistencia de los aceros a altas temperaturas, aumenta la resistencia mecánica y tenacidad, aumenta la templeabilidad, forma partículas duras y resistentes a la abrasión en los aceros de herramientas.

VANADIO.- la presencia de vanadio aumenta gradualmente la resistencia mecánica, dureza y tenacidad, su efecto más importante es el de producir un tamaño de grano muy pequeño e inducir el control del mismo. El vanadio en los aceros es efectivo en cantidades tan pequeñas como 0.5%, y en muchos de los aceros aleados corrientes el contenido de vanadio oscila alrededor de 0.30%. los aceros aleados empleados a elevadas temperaturas, tales como aceros para trabajos en caliente y herramientas para corte rápido, contienen hasta 4.0% de vanadio.

HIDRÓGENO.- Puede causar rajaduras, al enfriarse después del estado de fusión.

NITRÓGENO.- se encuentra en todos los aceros en cantidad de 0.030%, porcentaje que no produce efectos perceptibles en la soldadura.

SELENIO.- Se usa en algunos aceros para mejorar el maquinado, por lo demás, tiene el mismo efecto que el azufre.

Si se deposita un cordón de metal de soldadura sobre una pieza de trabajo, habrá que tomar en cuenta la contracción que sufre el metal fundido, la dilatación y la contracción final del mismo. Todo tipo de soldadura distorsiona al metal de

trabajo, estableciendo tensiones, tales distorsiones pueden ser controladas, por ejemplo:

1.- Manteniéndolas en pequeña escala.

2.- Actuando con ellas en la dirección en que no hagan daño, algunas de las formas de hacer esto, son:

A) Principiase con las dos piezas que formen la unión, un tanto desalineadas, con el objeto de conseguir que queden alineadas en el momento de la contracción.

B) Sujétense las partes con corredera de deslizamiento, que permita la distorsión mínima.

C) Permítase que la pieza se dilate y contraiga libremente en dos direcciones, con lo que se reducirá la tensión en la tercera dirección.

D) Selecciónese el tipo apropiado de soldadura.

E) Evítase el exceso de soldadura.

F) Úsese la velocidad más indicada.

G) Precalientese y postcalientese, siendo esto último lo que alivia las tensiones.

SOLDADURA DE ACEROS DE MEDIO CARBÓN.

Aceros de medio carbón, son aquellos que contienen de 0.30 a 0.45% de carbón y ningún otro elemento que afecte apreciablemente las propiedades del acero. Al aumentar su proporción de carbón arriba del 0.30% en un acero, aumenta también la dificultad para soldarlo, lo que significa que en los aceros de medio carbón, éste está en demasiada proporción para cambiar las propiedades del mismo.

Al ser depositado un cordón de soldadura sobre un acero con 0.40% de carbón, el material de aporte o el electrodo tienen, 0.10% de carbón, resultando que el material depositado en la operación es de diferente composición, y que en tal depósito fluirán más escoria e impurezas no metálicas, que saldrán a la superficie de la soldadura.

Estos aceros se templen fácilmente, con éstos se hacen las partes de máquinas forjadas en frío y en caliente, tales como pernos pasantes, birlos, barras de conexión y ejes frontales.

La soldadura de estos aceros puede requerir procedimientos especiales que pueden incluir el precalentamiento, el postcalentamiento y el relevado de esfuerzos. Sin experiencia previa en la soldadura de estos aceros, es aconsejable verificar el acero en cuanto a su tendencia al agrietamiento, haciendo una soldadura de filete, de un largo de 12 a 14 pulgadas, en la placa en cuestión (a la temperatura ambiente y sin precalentamiento), rompiendo después la soldadura para examinarla visualmente en busca de grietas.

En las soldaduras de filete en fractura abierta, las grietas aparecen ordinariamente como zonas de color púrpura, debido a la oxidación de la superficie de las mismas, esto indica, que son de agrietamiento en caliente, es decir, que se formaron a temperaturas de 538 grados kelvin o mayores. Sólo raras veces se formará una grieta después de que se haya enfriado la soldadura a la temperatura ambiente.

Si el acero no muestra tendencia al agrietamiento pueden aplicarse los procedimientos normales de soldadura, en cambio, si se observa una tendencia al agrietamiento pueden seguirse los procedimientos de precalentamiento y postcalentamiento.

Cuando se requiere el precalentamiento (relevado de esfuerzos), después de efectuada la soldadura, ayuda también a reducir las zonas duras producidas por la soldadura, la temperatura usual de relevado de esfuerzos es de 866 a 927 K°. Es práctica común mantener el acero durante una hora a esta temperatura por cada pulgada (o fracción de pulgada) de espesor hasta un máximo de 8 horas.

SOLDADURA DE ACEROS AL ALTO CARBONO.

Aceros con alto carbono, incluyen muchos aceros que generalmente se emplean templados. Las partes que se fabrican con los aceros de este grupo incluyen las herramientas para torno, las brocas y puntas de broca, las rejas de arado, las ruedas para carros de ferrocarril, los rodillos de laminación, y otros artículos que no requieren soldadura para su manufactura, aunque estas piezas se reparan frecuentemente con soldadura. El éxito en la soldadura de estos aceros requiere el desarrollo de procedimientos específicos de soldadura para cada aplicación. Dicho procedimiento debe probarse y calificarse antes de ser adoptado.

Los problemas que pueden surgir durante la soldadura de los aceros de alto carbono son:

1.- Agrietamiento del material (metal) de soldadura, las grietas pueden ser transversales al cordón o pueden correr por el centro del mismo, las grietas longitudinales prevalecen más. a veces no aparecen en la superficie del cordón, aunque en el interior del mismo se esté agrietado.

2.- Porosidad en el metal de soldadura.

3.- Endurecimiento excesivo del metal de base.

4.- Agrietamiento del metal de base, comprende tanto la formación de grietas bajo el cordón y grietas radiales a la zona de fusión.

5.- Ablandamiento del metal de base.

Para reducir al mínimo la ocurrencia de estos problemas, se puede actuar de la siguiente manera:

a) Prepare cuidadosamente la junta de soldadura mediante cizalleo, maquinado, esmerilado, etc. Elimine todas las irregularidades, tales como melladuras, grietas y ranuras que pudieran actuar como elevadores de esfuerzo, y asegúrese de que estén eliminadas en la junta y en la zona adyacente, toda la humedad y toda presencia de material extraño.

b) Evite la penetración excesiva, y mantenga el metal de soldadura con el contenido más bajo de carbono que resulte práctico. el depósito tendrá entonces la máxima ductilidad. De lo contrario se producirán sobreesfuerzos en el acero y éste fallará.

c) Avance con la lentitud suficiente para depositar un cordón o capa sustancial de metal de soldadura, pero en las soldaduras anchas recurra al ondeado, en vez de hacer cordones rectos paralelos. al soldar en una ranura, o al hacer una soldadura de filete, el primer cordón de fondo, es el más susceptible a agrietarse.

d) Después de terminar la soldadura, el procedimiento usual consiste en relevar esfuerzos de la parte soldada.

e) Precaliente la zona.

f) Utilizando electrodos de bajo hidrógeno o de acero inoxidable.

g) Reduciendo la rigidez de la unión.

h) Utilizando electrodos de bajo carbono o de acero inoxidable, que proporcionen mayor ductilidad.

SOLDADURA DE HIERRO COLADO.

La expresión hierro fundido describe una amplia variedad de materiales a base de hierro, los que contienen carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, níquel, molibdeno, titanio, vanadio, cromo, magnesio, cobre y aluminio. Para los fines de este trabajo, sin embargo, esta expresión se aplicará sólo a las fundiciones gris y maleable.

La fundición blanca afortunadamente pocas veces requiere ser soldada, debido a su limitado uso en componentes manufacturados, pero cuando sea necesario podrá ser soldado únicamente con varilla de hierro colado blanco, por ser un metal de una muy pobre soldabilidad, sin recomendar ningún otro sistema. El hierro colado blanco, es muy difícil de soldarse, por lo que para algunos autores se considera insoldable,

Cuando el hierro colado se rompe, frecuentemente puede ser reparado mediante la soldadura. La estructura específica y las propiedades del hierro colado, dependen fundamentalmente del ciclo térmico de calor-enfriamiento.

Es importante saber primeramente que clase de hierro colado tiene que ser soldado, previa selección del adecuado procedimiento de soldadura.

Básicamente, el procedimiento de soldadura para hierro colado, es el que restringe la penetración al mínimo requerido para la fusión. El precalentamiento del metal base debe aplicarse siempre que sea posible, seguido, como es natural del enfriamiento controlado. Todas las soldaduras de hierro colado requieren la adición de metal de relleno, a fin de lograr una unión consistente, prefiriéndose para esta operación la manual.

El precalentamiento, cuando se aplica soldadura de arco protegido, debe sostenerse una temperatura entre 260 y 600 C^o, si se usa oxiacetileno, la temperatura debe ser mayor.

El precalentamiento debe mantenerse en toda la pieza, manteniéndolo en tal condición hasta donde sea posible, a fin de que la soldadura iguale la temperatura y posteriormente la pieza de trabajo se enfríe lentamente hasta que adquiera la temperatura ambiente.

Si no se aplica precalentamiento en la operación de soldadura entonces el hierro colado deberá mantenerse lo más frío posible.

SOLDADURA DEL HIERRO FUNDIDO GRIS, CON HIERRO FUNDIDO DE RELLENO.

El hierro colado gris se produce dejando que el hierro derretido se enfríe lentamente en el molde. Esto insinúa que la soldadura también debe dejarse enfriar lentamente.

Al efectuarse soldaduras largas y gruesas, se imponen ciertas preparaciones, a saber:

1.- Suficiente precalentamiento a fin de reducir los esfuerzos de las contracciones causadas por la temperatura de la soldadura del metal.

2.- Aseguramiento del más lento enfriamiento de la soldadura. En cuanto al material de aporte o los electrodos que se utilicen, deberán tener una aleación de sílice para que produzcan depósitos de grafito y de ferrita, a efecto de que sea fácil la maquinación.

SOLDADURA DE HIERRO COLADO GRIS, CON ELECTRODO DE ACERO.

Los electrodos de acero con recubrimiento suave, usados en el proceso de arco metálico protegido, producen soldadura buena y dúctil. al soldar hierro colado, los electrodos de referencia proporcionan soldadura de metal con muy bajo depósito de carbón. El electrodo recubierto permite corriente de baja tensión, reduciéndose la penetración al soldar hierro colado, resultando un metal denso, tenaz y más fuerte que el mismo metal base, pero de maquinabilidad pobre, si se tiene cuidado se puede obtener buenas soldaduras, manteniendo:

- a) El mínimo de tensiones en el metal fundido, cuando éste se enfría.
- b) Tomándose también el mínimo de carbón con el metal fundido.
- c) Cuidando el ritmo de enfriamiento.

SOLDADURA CON ELECTRODO DE NÍQUEL.

El uso de electrodos no ferrosos resuelve uno de los problemas en la soldadura del hierro colado. Las aleaciones no ferrosas no tienen un endurecimiento apreciable cuando se depositan en un metal base de hierro colado, porque no absorben carbón, resultando una soldadura perfectamente maquinable. Los electrodos no ferrosos recubiertos con níquel son ampliamente usados en la soldadura de arco protegido, los que debido a su maquinable y ligera penetración, se aplican exitosamente en reparaciones, correcciones de fallas y para rellenos de defectos en hierro colado.

SOLDADURA DEL HIERRO COLADO CON LATÓN.

El hierro colado también puede ser soldado con latón, aplicándose como material de relleno, ya sea bronce o electrodos cubiertos del mismo, pero si se dispone de equipo es preferible utilizar electrodos de acero o de níquel.

La mayor parte de trabajos de soldadura con latón se efectúa con oxiacetileno, siempre que sea posible el precalentamiento, especialmente si la pieza va a ser maquinada posteriormente.

Si la temperatura del hierro colado es baja, el metal de relleno no correrá debidamente, si la temperatura es demasiado alta, el bronce de relleno se depositará en forma de glóbulos.

En la soldadura de hierro colado con oxiacetileno se usa fúndente, dirigiendo la flama hacia el metal de referencia en forma solamente necesaria, con objeto de que corra el bronce.

SOLDADURA DEL HIERRO COLADO MALEABLE.

El hierro colado maleable se transforma en hierro colado blanco si se calienta más allá de la temperatura de transformación. Cualquier tipo de soldadura que funda el metal base producirá una zona quebradiza, por cuya circunstancia se impone el precalentamiento, pero si éste se excede, entonces resultará demasiado alta la zona quebradiza.

La parte del metal base podrá soldarse con varilla de aporte de hierro colado, seguida de un recocido y enfriamiento lento que restablezca la maleabilidad original de la estructura, la cual toma el nombre de tratamiento de maleabilización. El bronce se funde a más baja temperatura que el hierro, el cual se calienta lo bastante para formar cementita, la soldadura con arco metálico y electrodo de bronce recubierto, es el método recomendado para el hierro maleable.

SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.

Todas estas aleaciones tienen una base de fierro-carbón-cromo, en tanto que algunas son adicionadas con níquel y manganeso (ver fig. 2.3). Los aceros inoxidable son designados por el sistema de clasificación de tres números dígitos, establecidos por la American Iron and Steel Institute (AISI).

SERIES	MAYORES ELEMENTOS ALEADOS	CARACTERÍSTICAS
2XX	Cromo, Níquel, Manganeso	Austenítico. No endurece.
3XX	Cromo, Níquel	Austenítico. No endurece. (1) Martensítico. Si endurece. (2) Ferrítico. No endurece.
4XX	Cromo	(1) Martensítico. Si endurece. (2) Ferrítico. No endurece.
5XX	Cromo (4 a 6 %)	Martensítico. Se endurece al aire.

El segundo y tercer dígitos identifican el tipo específico de aleación^{*REF.}

FIG. 2.3 CLASIFICACIÓN DE ACEROS.

*REF. Datos tomados de Soldadura y Metalurgia, Guillermo Fernández Flores..

Un alto porcentaje de cromo hace más fuerte al acero, tanto en altas como en bajas temperaturas, dándole una excelente resistencia a la corrosión.

Cuando se combinan el cromo y el carbón se forma el carburo de cromo, que proporciona tenacidad, dureza y resistencia al desgaste. El contenido de níquel da resistencia a la corrosión y alta tenacidad.

El acero inoxidable tiene propiedades que difieren del acero al carbón y de otros. Las comparaciones con el acero de bajo carbón, son las siguientes:

1a. Su conductibilidad térmica es muy baja y por esta razón es más susceptible de sobrecalentarse y torcerse durante la soldadura.

2a. Su expansión térmica es mayor, tendiendo esto a aumentar la distorsión durante el enfriamiento.

3a. Tiene más resistencia a cierto tipo de corrosión que el acero al carbón, y es más resistente a la oxidación a altas temperaturas. La mayor parte del acero es afectable por muchos ácidos, inclusive el nítrico, aunque el hidrociorito y algunos otros si lo atacan.

4a. Resiste a la oxidación hasta que el calor llega cerca o al punto de fusión en presencia del aire, y entonces se forma un óxido de cromo refractario, que evita que las aleaciones puedan cortarse con el soplete, por cuya circunstancia deberá utilizarse un proceso de corte especial, con polvo de hierro impulsado dentro de la flama mediante aire de tipo comprimido. En la operación de soldadura el metal fundido deberá protegerse del aire ambiental.

5a. Algunas aleaciones martensíticas tienen muy alto grado de tendencia a la dureza, otras se cristalizan al calentarse y luego se enfrían, debiéndose esto al crecimiento excesivo del grano al llegar a temperaturas elevadas, en tanto que otras pierden su resistencia a la corrosión, si hay cantidad apreciable de carbón en el metal base o en el metal de la soldadura.

6a. Los granos austeníticos no son magnéticos. Naturalmente que las propiedades ya mencionadas dependen del análisis del acero. Como regla se establece que a mayor contenido de cromo, más notables serán tales propiedades.

SOLDADURA.

Es ampliamente usado en la soldadura de acero aleado al alto cromo el electrodo recubierto; operación manual mediante el proceso de arco protegido; otros procesos en la unión de aceros inoxidable incluyen el de oxiacetileno, el de arco con gas inerte con electrodo consumible o no consumible; el de resistencia y hasta el de plata y latón. En cuanto al proceso de oxiacetileno tiene poca aplicación por ser demasiado lento para este tipo de acero, habiendo necesidad de ajustar la flama cuidadosamente, con un ligero exceso de acetileno para evitar la absorción del carbón del metal base. En otros términos la lenta transmisión del calor en el acero inoxidable de la pieza de trabajo, unida a la lentitud del calentamiento que es característico de este proceso, producen un gran sobrecalentamiento de gran intensidad en el metal base, antes de que ocurra la fusión, lo cual da origen a distorsión, crecimiento del grano y precipitación del carburo, si el acero es del tipo austenítico aleado. Por lo tanto, deberá evitarse el sobrecalentamiento para que no haya lugar a la formación de óxido de cromo refractario, que se origina en el charco de metal fundido, si éste se expone al aire aun cuando sea momentáneamente.

Soldar una superficie oxidada presenta serias dificultades, porque el metal bajo la costra de óxido sí se suelda, no así la costra que se extiende superficialmente, hasta no ser eliminada, arrancada o disuelta por medio de un fúndente. Si el trabajo se hace con acetileno deberá colocarse atrás una placa de cobre, de soporte, a fin de que absorba parte del exceso de calor y de esta manera se evite la oxidación.

Tampoco se puede intentar el corte oxiacetilénico, debido a la tendencia a la oxidación superficial, aunque se obtenga intenso calor del arco protegido para fundir íntegramente a través de la capa de óxido. Es entonces cuando el óxido es disuelto por los materiales fundentes depositados por la cubierta del electrodo.

Por todo lo anterior, la soldadura con gas inerte es la preferida en todos los trabajos.

El proceso de gas inerte protegido con electrodo de tungsteno, es especialmente propio para soldar lámina delgada de acero inoxidable, cuando éstos espesores son en mayor cantidad se aplica el proceso MIG, que es un electrodo que si se consume aplicado a trabajos de 1/4 de pulgada de espesor o más.

La soldadura con bronce se usa en los aceros inoxidables sólo como sellador, para soldaduras mejores se usa plata-latón que proporciona buena apariencia y consistencia.

El arco sumergido produce soldadura de gran calidad en cualquiera de las aleaciones de acero inoxidable de níquel-cromo, cuyo proceso es rápido, ya sea automático o semiautomático, que reduce el problema de sobrecalentamiento del metal base. Tanto el arco sumergido como el arco protegido, son procesos usados extensamente en el acero aleado inoxidable.

SOLDADURA DE ALUMINIO.

Los metales no ferrosos y sus aleaciones se sueldan fundiendo el metal de relleno con el de base, protegiendo a ambos de la contaminación atmosférica y de los gases que producen la porosidad. Consecuentemente, se le debe permitir la contracción durante su enfriamiento, sin forzamientos que ocasionen grietas.

Este metal es soldable contando con el equipo disponible en la actualidad y con el procedimiento adecuado, siendo lo importante tener presente sus características individuales, es decir, que el aluminio puro se funde a 655 grados centígrados, en tanto que sus aleaciones necesitan solamente de 455 C°.

El problema grave con el aluminio es el de la oxidación, porque se forma una película que cubre las superficies expuestas, la cual debe ser removida antes de que se aplique la soldadura; además, como el aluminio no cambia de color antes de fundirse, es indispensable observar el estado de humedad que aparezca en la superficie, indicadora del principio de fusión de la misma.

Para obtener resultados en la soldadura, es necesario conocer la aleación que contiene, pues algunas de ellas sirven para facilitar el maquinado, la modelación, etc., pero siempre formando una capa de óxido.

Los aluminios forjados se identifican en su composición, por medio de un sistema de cuatro números dígitos, adoptado por la Sociedad del aluminio (ver fig. 2.4).

NÚMERO DE SERIE	CANTIDADES DE ALEACIONES
1XXX	99.0 % mínimo de aluminio.
2XXX	Cobre.
3XXX	Manganeso.
4XXX	Silicio.
5XXX	Magnesio.
6XXX	Magnesio - Silicio.
7XXX	Zinc.
8XXX	Otros elementos aleados.

FIG. 2.4 DESIGNACIÓN DE ALEACIONES DE ALUMINIO FORJADO. ^{4REF.}

^{4REF.} Tomado de pag. 226 Soldadura y Metalurgia, Guillermo Fernández Flores.

En la serie 1XXX los dos números dígitos últimos indican el contenido mínimo de aluminio, por ejemplo: 1075 tendrá 98.75 % como mínimo de aluminio.

La soldadura del aluminio casi siempre se hace con sus aleaciones, aun cuando algunas requieren una cuidadosa selección en su proceso y aplicación.

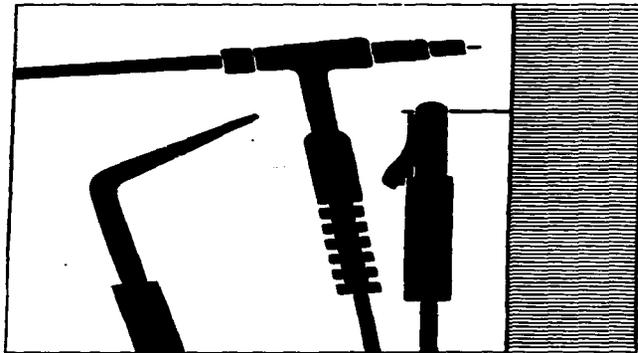
El aluminio puro comercial de la serie de los 1000 y las aleaciones de aluminio-manganeso serie 3000, son muy soldables tanto con gas como con arco protegido o gas inerte, porque tiene buena resistencia a la presión de la soldadura.

Los aluminios con más de 2.5 % de magnesio se usan extensamente en construcción, debido a su alta resistencia a la tensión cuando están bien recocidos. Sin embargo, lo mejor para efectuar soldaduras en estas aleaciones de aluminio es la aplicación de los procesos TIG o MIG.

Es de capital importancia aplicar la temperatura adecuada a la pieza de trabajo antes de soldarla, así como acelerar la velocidad de operación, a fin de calentarla lo menos posible. Se recomienda el uso del cepillo de alambre para eliminar la película de óxido. Finalmente, si la pieza se le aplica precalentamiento se obtendrán mejores resultados a las temperaturas de 150 a 200 C°.

CAPITULO 3.

PROCESOS DE MAYOR APLICACIÓN EN MÉXICO.



3.1. CLASIFICACIÓN.

La soldadura es la acción de unir dos o más materiales de semejante composición química, para formar a partir de estos un todo homogéneo o lograr una continuidad de material. Dicha acción se puede ejecutar con varios procedimientos de soldadura, los cuales se mencionan enseguida:

PROCESOS DE SOLDADURA.^{REF.}

- SOLDADURA DE ARCO (AW).
- SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO (SSW).
- SOLDADURA BLANDA (S).
- SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW).
- SOLDADURA FUERTE (B).
- OTRAS SOLDADURAS.
- SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXÍGENO (OFW).
- PROCESOS ALIADOS (X)

(X); A su vez los Procesos aliados se dividen en:

PROCESOS ALIADOS

- ROCIADO TÉRMICO (THSP).
- UNIÓN ADHESIVA (ABD).
- CORTE TÉRMICO (TC) (XX)

^{REF.} Clasificación tomada de pag. 5, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz P.E.

(XX); A su vez el Corte térmico se divide en:

CORTE TÉRMICO

- CORTE CON OXÍGENO (OC).
- CORTE CON ARCO (AC).
- OTROS TIPOS DE CORTE.

Así mismo los Procesos antes mencionados se subdividen como sigue:

SOLDADURA DE ARCO (AW).

AHW	SOLDADURA CON HIDRÓGENO ATÓMICO.
BMAW	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO CON ELECTRODO DESNUDO.
CAW	SOLDADURA CON ARCO DE CARBÓN
CAW - S	CON GAS.
CAW - S	CON ARCO PROTEGIDO.
FCAW	SOLDADURA DE ARCO CON NÚCLEO DE FUNDENTE.
FCAW - EG	CON ELECTROGAS.
GMAW	SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y GAS.
GMAW - EG	CON ELECTROGAS.
GMAW - P	CON ARCO PULSADO.
GMAW - S	CON ARCO DE CORTO CIRCUITO.
GTAW	SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO Y GAS.
GTAW - P	CON ARCO PULSADO.
PAW	SOLDADURA DE ARCO CON PLASMA.
SMAW	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO.
SW	SOLDADURA DE ARCO DE ESPÁRRAGOS.
SAW	SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.
SAW - S	EN SERIE.

SOLDADURA EN ESTADO SÓLIDO (SSW).

CW	SOLDADURA EN FRÍO
DEW	SOLDADURA POR DIFUSIÓN.
EXW	SOLDADURA POR EXPLOSIÓN.
FOW	SOLDADURA POR FORJADO.
FRW	SOLDADURA POR FRICCIÓN.
HPW	SOLDADURA POR PRESIÓN EN CALIENTE.
ROW	SOLDADURA CON RODILLOS.
USW	SOLDADURA ULTRASONICA.

SOLDADURA BLANDA (S).

DS	SOLDADURA BLANDA POR INMERSIÓN.
FS	SOLDADURA BLANDA EN HORNO.
IS	SOLDADURA BLANDA POR INDUCCIÓN.
IRS	SOLDADURA BLANDA INFRARROJA
INS	SOLDADURA BLANDA CON CAULIN (soldador):
RS	SOLDADURA BLANDA POR RESISTENCIA.
TS	SOLDADURA BLANDA CON SOPLETE.
WS	SOLDADURA BLANDA POR ONDAS.

SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW).

FW	SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.
HFRW	SOLDADURA POR RESISTENCIA CON ALTA FRECUENCIA.
PEW	SOLDADURA POR PERCUSIÓN.
RPW	SOLDADURA DE RESALTO.
RSEW	SOLDADURA DE COSTURA POR RESISTENCIA.
RSW	SOLDADURA DE PUNTOS POR RESISTENCIA.
UW	SOLDADURA RECALCADA.

SOLDADURA FUERTE (B).

AB	SOLDADURA FUERTE DE ARCO.
BB	SOLDADURA FUERTE DE BLOQUE.
DFB	SOLDADURA FUERTE POR DIFUSIÓN.
DB	SOLDADURA FUERTE POR INMERSIÓN.
FLB	SOLDADURA FUERTE DE FLUJO.
FB	SOLDADURA FUERTE EN HORNO.
IB	SOLDADURA FUERTE POR INDUCCIÓN.
IRB	SOLDADURA FUERTE INFRARROJA.
RB	SOLDADURA FUERTE POR RESISTENCIA.
TB	SOLDADURA FUERTE A SOPLETE.
TCAB	SOLDADURA FUERTE CON ARCO DE CARBONES GEMELOS.

OTRAS SOLDADURAS.

EBW	SOLDADURA POR HAZ DE ELECTRONES.
ESW	SOLDADURA DE ELECTROESCORIA.
FLOW	SOLDADURA DE FLUJO.
IW	SOLDADURA POR INDUCCIÓN.
LBW	SOLDADURA POR HAZ DE RAYOS LÁSER.
IW	SOLDADURA POR TERMIS.

SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO (OFW).

AAWW	SOLDADURA CON AIRE Y ACETILENO.
OAW	SOLDADURA OXIACETILÉNICA.
OHW	SOLDADURA CON OXIHIDRÓGENO.
PGW	SOLDADURA A GAS CON PRESIÓN.

ROCIADO TÉRMICO (THSP).

EASP	ROCIADO CON ARCO ELÉCTRICO.
FLSP	ROCIADO A LA LLAMA.
PSP	ROCIADO CON PLASMA.

CORTE CON ARCO (AC).

AAC	CORTE CON ARCO DE CARBÓN Y AIRE.
CAC	CORTE CON ARCO DE CARBÓN.
GMAC	CORTE CON ARCO METÁLICO Y GAS.
GTAC	CORTE CON ARCO DE TUNGSTENO Y GAS.
MAC	CORTE CON ARCO METÁLICO.
PAC	CORTE CON ARCO Y PLASMA.
SMAC	CORTE CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO.

CORTE CON OXIGENO (OC).

FOC	CORTE CON FUNDENTE QUÍMICO.
POC	CORTE CON POLVO METÁLICO.
OFC	CORTE CON GAS COMBUSTIBLE Y OXÍGENO.
OFC - A	CORTE OXIACETILÉNICO.
OFC - H	CORTE CON OXIHIDRÓGENO.
OFC - N	CORTE CON OXÍGENO Y GAS NATURAL.
OFC - P	CORTE CON OXIPROPANO.
AOC	CORTE CON ARCO Y OXÍGENO.
LOC	CORTE CON LANZA DE OXÍGENO.

OTROS TIPOS DE CORTE.

EBC	CORTE CON HAZ DE ELECTRONES.
LBC	CORTE CON HAZ DE RAYOS LÁSER.

3.2. ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO.

En este proceso de soldadura la unión de los materiales se da por fusión, donde una fuente de poder modifica la corriente eléctrica para poder soldar, utiliza un electrodo recubierto que sirve como material de aporte, la fusión se da debido a la concentración de calor producto del arco eléctrico comprendido entre la pieza de trabajo y el material de aporte por donde circulan los electrones. el fúndente hace flotar las impurezas en la superficie para producir escoria. (ver fig. 3.1)

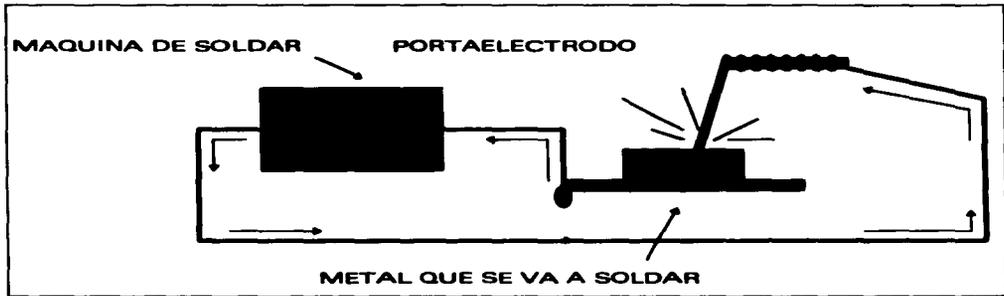


FIG. 3.1 EL CIRCUITO DE SOLDADURA.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO:

a) **Diámetro correcto del electrodo:** El diámetro correcto del electrodo y factores como la escoria, así como la longitud del arco producido y la fluctuación de éste, producirán un cordón salpicado y sobrecalentamiento de la pieza, y la relativa pérdida de propiedades en la zona del material depositado.

b) **Corriente apropiada:** El amperaje se elige en base al tipo de junta, espesor del material base, posición de la junta de soldadura y diámetro del electrodo. Considerando tantos amperes como milésimas de pulgada tenga el diámetro del electrodo. (Ejemplo: para un electrodo de 1/8 de plg., es decir 125 milésimas de

pulgada, se pueden utilizar 125 amperes.) Amperaje más bajo para piezas livianas y amperaje más alto para piezas de trabajo más pesadas.

La posición vertical necesitará menor intensidad que la posición plana. El fabricante (la mayoría) proporciona los valores adecuados de acuerdo con el diámetro en las cajas donde se empacan los electrodos.

c) **Velocidad de avance correcta:** A velocidad excesiva no se tiempo necesario para formar una fusión homogénea con el material base (falta de fusión), impidiendo que los gases e impurezas se disuelvan aprisionándolos al enfriarse, quedando un cordón estrecho con bordes puntiagudos. A velocidad lenta, el cordón quedará abultado y con ribetes rectos.

Se debe avanzar de manera que el cordón tenga el doble de ancho que el diámetro del electrodo (un electrodo de 1/8 de plg. producirá un cordón de 1/4 de plg.), las condiciones pueden variar según las necesidades o posiciones de la soldadura.

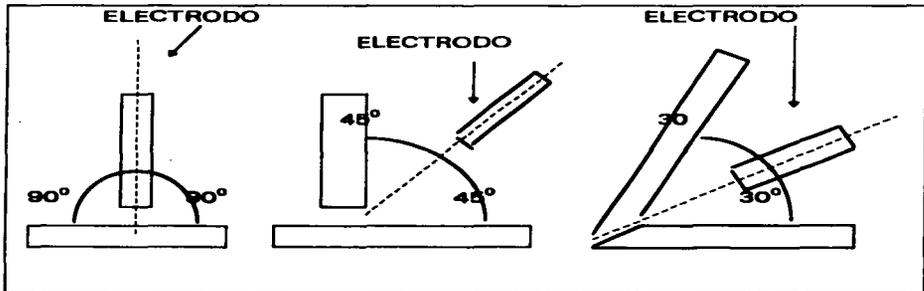


FIG. 3.2. ÁNGULO DEL ELECTRODO TRANSVERSAL AL CORDÓN

d) **Ángulo del electrodo:** En soldadura de ángulo y juntas con biseles el electrodo se debe colocar en el bisector con una inclinación de 45 grados con relación a la

vertical, en uniones de juntas a tope, con o sin bisel, el electrodo se debe mantener perpendicular a la línea de soldadura formando un ángulo de 90 grados (ver fig. 3.2).

FUENTE DE PODER.- Proporciona la energía adecuada para poder soldar, genera un tipo de corriente llamada simplemente "corriente de soldadura" con características opuestas a la corriente de red, o sea con alto amperaje y bajo voltaje, existiendo tres tipos principales:

GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA.- Máquina compuesta de: un motor trifásico de accionamiento alimentado con corriente alterna de 220 ó 440 volts, un generador de corriente continua, un excitador (todos acoplados en el mismo eje) y un equipo de control (ver fig. 3.3).

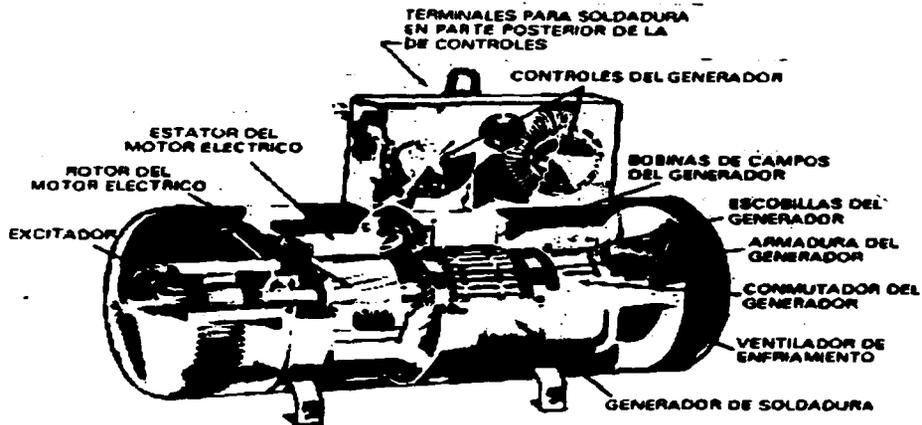


FIG. 3.3 GENERADOR TÍPICO DE CORRIENTE CONTINUA.

Se usan mucho en obras de construcción y reparación naval, oleoductos, gasoductos y en aplicaciones especiales, en lugares reducidos o demasiado

calurosos y en donde la humedad pueda poner en peligro al operario, emplean todos los tipos de electrodos y para toda clase de soldaduras. En lugares donde no existe corriente de alimentación de red, en vez de motor eléctrico para revolucionar el generador de corriente de soldadura se tiene un motor diesel o de gasolina.

FUNCIONAMIENTO.- Conectada la máquina a la corriente de red cerrando el circuito de alimentación, el motor eléctrico impulsado por la corriente gira, y con el giran el generador de corriente continua y el excitador acoplados en el mismo eje, produciendo la corriente de soldadura que se toma del colector a través de escobillas.

TRANSFORMADORES (CA).- Están formados de un núcleo de hierro, un devanado de entrada (primario), un devanado de salida (secundario), y un sistema de ajuste de la corriente de soldadura. Sus devanados están completamente aislados (ver fig. 3.4).

Son máquinas sencillas, baratas, comunes, ahorrativas, de mantenimiento casi nulo, como desventaja no todas las clases de electrodo se pueden soldar con ellas.

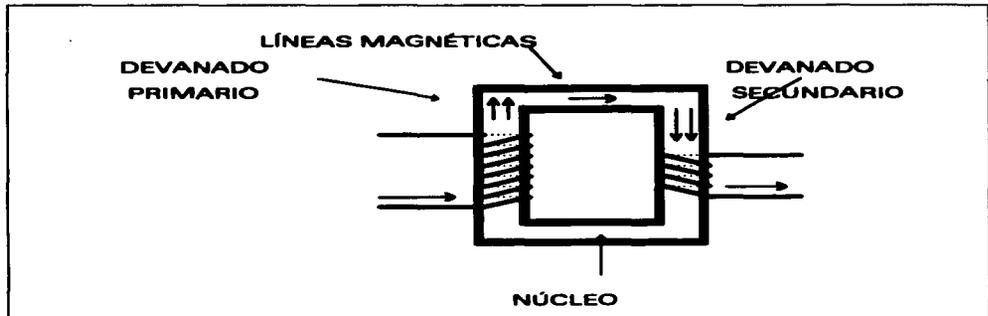


FIG. 3.4 TRANSFORMADOR.

FUNCIONAMIENTO.- Es el uso de la corriente alterna de mayor voltaje y menor amperaje que se debe convertir (transformar) en menor voltaje y mayor amperaje. La corriente de red entra por el devanado primario de muchas espiras, situado sobre un núcleo formado por láminas de acero al silicio, que conducen las líneas magnéticas que se generan por el paso de la corriente hasta el devanado secundario de menos espiras, donde las líneas magnéticas se transforman en corriente de soldadura.

Los valores de corriente a la salida están determinados por la relación entre la cantidad de espiras en ambos devanados, pudiendo variar el amperaje en el secundario tomando de él derivaciones con su correspondiente intensidad de corriente para cada una (ver fig. 3.5).

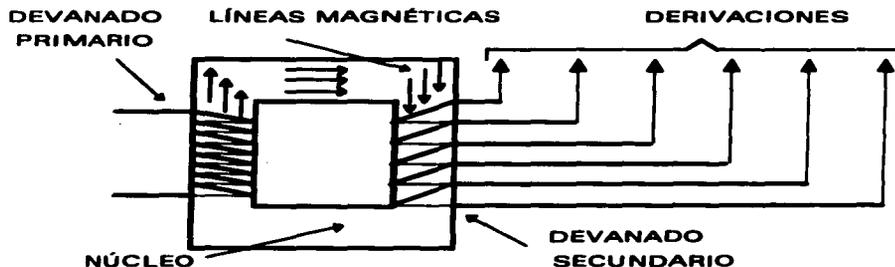
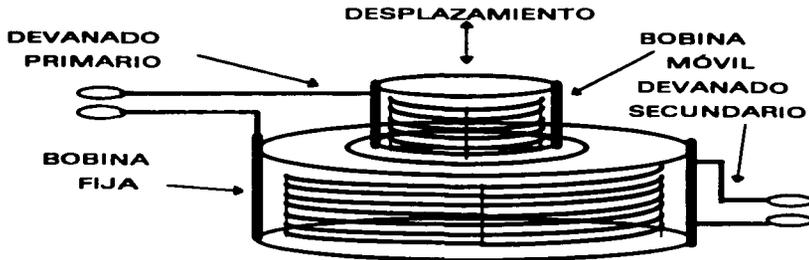


FIG. 3.5 TRANSFORMADOR CON DERIVACIONES EN EL SECUNDARIO.



FIG

. 3.6 TRANSFORMADOR DE BOBINA MÓVIL

Existe otro tipo de transformador de bobina móvil, donde se desplaza la bobina devanado primario con respecto a la bobina devanado secundario, variando la posición de los campos magnéticos y por consecuencia la corriente inducida en el secundario (ver fig. 3.6).

RECTIFICADORES.- Son el resultado de un "estudio de costos" a partir de las maquinas de C.C., transforman la corriente alterna en corriente directa a través de elementos rectificadores (son de selenio y silicio), permitiendo el desplazamiento de los electrones en un solo sentido.

Sus ventajas son: menor costo de mantenimiento, menos pérdidas en vacío y bajo costo de las maquinas. La diferencia es que tiene un ventilador de rectificadores (de silicio), se protegen con una carcasa en forma de caja (de lámina), donde están colocados el elemento de control de la corriente de soldadura, el switch y los fusibles.

FACTORES ELÉCTRICOS.- Aspectos principales de este proceso de soldadura

CORRIENTE ELÉCTRICA (I).- Paso o flujo de electrones que circulan a través de ciertos materiales conocidos como conductores eléctricos.

FUERZA ELECTROMOTRIZ (V).- El movimiento de electrones produce corriente eléctrica, éste movimiento se obtiene por una fuerza llamada voltaje, diferencia de potencial o fuerza electromotriz, que logra desprender a los electrones de sus átomos respectivos.

RESISTENCIA ELÉCTRICA.- Es la oposición de los electrones a ser desplazados a través de un conductor.

INTENSIDAD DE CORRIENTE.- Cantidad de electrones que pasa por un circuito, se mide en amperes.

CONDUCTORES.- Materiales que en su estructura atómica tienen electrones libres que se desplazan libremente produciendo un flujo de corriente eléctrica.

AISLADORES.- Materiales que en su estructura atómica no tienen electrones libres y que no permiten el flujo de corriente eléctrica.

CORRIENTE ALTERNA.- Esta viaja de positivo a negativo en intervalos iguales de tiempo (ciclos), teniendo 60 ciclos en un segundo (forma común de corriente). (ver fig. 3.7).

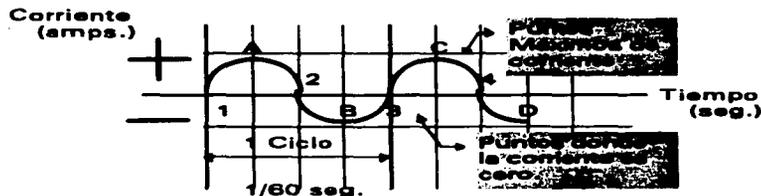


FIG.3.7 CORRIENTE ALTERNA.

CORRIENTE DIRECTA. Los electrones viajan en un solo sentido y produce un arco eléctrico estable, aquí se tiene polaridad definida (ver fig. 3.8).

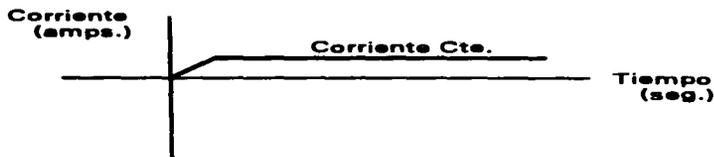


FIG. 3.8 CORRIENTE DIRECTA.

POLARIDAD.- Sentido de los electrones en el arco eléctrico, la polaridad solo se encuentra en corriente directa, pudiéndose obtener dos tipos de polaridad:

POLARIDAD DIRECTA.- Conectar el portaelectrodo al polo negativo de la máquina y la tierra a polo positivo (los electrones viajan del electrodo al metal base), el 70 % de la temperatura se genera en el electrodo, formando un arco extendido que produce una pequeña capa de metal fundido, originando baja penetración (ver fig. 3.9).



FIG. 3.9 EFECTO DE LA POLARIDAD DIRECTA.

POLARIDAD INVERTIDA.- Conectar el portaelectrodo al polo positivo de la máquina y la tierra al polo negativo (los electrones viajan del metal base al electrodo), el 70 % de la temperatura se genera en el metal base, formando un arco concentrado que produce gran penetración y un cordón abultado (ver fig. 3.10).



FIG. 3.10 EFECTO DE LA POLARIDAD INVERTIDA.

ELECTRODOS REVESTIDOS.- Determinan las siguientes funciones básicas:

- Establecer el arco eléctrico con el metal base.
- Dirigir y controlar el arco eléctrico.
- Proporcionar el metal de aporte.
- Proteger el cordón de soldadura.

Núcleo del electrodo.- Es un alambre metálico que conduce la corriente eléctrica, estableciendo el arco eléctrico, fundiéndose progresivamente de la punta para depositarse en forma de pequeñas gotas en el cordón de soldadura.

Revestimiento del electrodo.- Presenta las siguientes funciones:

- a) Estabilizar el arco (facilita el encendido y el mantenimiento constante del arco).
- b) Genera una pantalla de gases de protección que evita la contaminación del cordón por el oxígeno y nitrógeno del aire.
- c) Proporciona fundentes que eliminan los óxidos.
- d) Forma una capa de escoria que retarda el enfriamiento del cordón.
- e) Determina las condiciones de operación del electrodo.
- f) Determina las características del cordón.

FACTORES PARA LA SELECCIÓN DEL ELECTRODO.- La soldadura depende en un alto porcentaje del electrodo y de la compatibilidad de los siguientes factores.

1.- Características y condiciones de operación del metal base:

- Propiedades mecánicas y metalúrgicas.
- Composición química.
- Forma tamaño y espesor.
- Especificaciones y condiciones de servicio de la pieza.

2.- Procedimiento para ejecutar la soldadura:

- Tipo de corriente y polaridad.
- Diseño y ajuste de la unión.
- Posición de soldadura.
- Amperaje requerido.

3.- Equipo disponible:

- Tipo de máquina.
- Capacidad de la máquina.

4.- Condiciones de operación del elect

- Tipo de corriente y polaridad.
- Posición de la soldadura.
- Tipo de arco.
- Penetración.
- Salpicaduras.

5.- Características del cordón:

- Propiedades mecánicas.
- Apariencia.

6.- Exigencias de producción:

- Relación de depósito.
- Condiciones de trabajo.

CLASIFICACIÓN AWS PARA ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO

Está formada por una serie de 4 ó 5 dígitos que lleva como prefijo la letra E, indicadora que se emplea en la soldadura eléctrica, los números que van a la izquierda de los dos últimos dígitos (multiplicados por mil) dan la resistencia mínima a la tensión del metal depositado, el penúltimo dígito indica la posición de soldadura y el último dígito indica el suministro de energía, el tipo de escoria, el tipo de arco, la penetración, etc.. Datos más detallados se pueden consultar en las figuras. 3.11. y 3.11.a.

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 O 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción. (Esfuerzos relevados)	E 80 XX = 80000 Lbs./pig ² . (mínimo) E 110 XX = 110000 Lbs./pig ² . (mínimo)
Penúltima	Posición de soldadura.	E XX1X = toda posición E XX2X = plana y horizontal. E XX3X = plana.
Ultima	Tipo de corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Continuar la consultar en la tabla siguiente (ver fig. 3.11.a)

FIG. 3.11. TABLA DE NOMENCLATURA AWS

Ultima Cifra	Tipo de Corriente	Tipo de Escoria	Tipo de Arco	Penetración	Pocho de Hierro en el Revestimiento
E XXX0			Penetrante		0.10 %
E XXX1	CA - CD * Polaridad Invertida	Orgánica	Penetrante	Profunda	NO

E XXX2	CA - CD * Polaridad Directo Preferente	Rutilo	Mediano	Mediana	0.10 %
E XXX3	CA - CD * Polaridad Directo Preferente	Rutilo	Suave	Ligera	0.10 %
E XXX4	CA - CD * Polaridad Invertida	Rutilo	Suave	Ligera	30 - 50 %
E XXX5	CD * Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana	NO
E XXX6	CA-CD * Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana	NO
E XXX7	CD * Polaridad Invertida	Mineral	Suave	Mediana	50 %
E XXX8	CA - CD * Polaridad Invertida	Mineral	Mediano	Mediana	30 - 50 %

FIG. 3.11.a CONTINUACIÓN DE. TABLA DE NOMENCLATURA AWS

3.3. SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

Principio fundamental.- Es la combustión de la mezcla del oxígeno y el acetileno, con una temperatura aproximada de 3000 grados C., que puede fundir diversas variedades de metales.

Este proceso se fundamenta en principios básicos de los cuales se destacan los siguientes:

Fusión.- Es el paso del estado sólido al estado líquido, debido principalmente a una elevación considerable de temperatura.

Combustión.- Es la oxidación instantánea de una sustancia o material que se manifiesta por desprendimiento de una gran cantidad de luz y calor.

Combustible.- Sustancia que al quemarse o arder desprende calor, aprovechable para fundir los materiales por soldar.

Comburente.- Compuesto o elemento que inicia o activa la combustión (sin comburente no habría combustión).

Equipo que se requiere para este proceso:

Acetileno.- Hidrocarburo gaseoso, incoloro, más ligero que el aire y de olor característico, su fórmula química es $C_2 H_2$, a temperaturas mayores de 780 grados C. o a presiones mayores de 2 Kg/cm² se vuelve inestable y altamente explosivo.

Por esta razón, "ningún equipo para soldar, cortar o calentar con oxí-acetileno está diseñado ni se debe trabajar a presiones mayores de 1 Kg/cm² como medida de seguridad", este se obtiene mediante la reacción química entre el carburo de calcio (CaC_2) y el agua ($H_2 O$) según la siguiente ecuación:



El carburo de calcio se obtiene a su vez fundiendo cal y coque en un horno eléctrico, la generación del acetileno se efectúa por dos métodos: agregando carburo al agua (método Americano) o agregando agua al carburo (método Europeo).

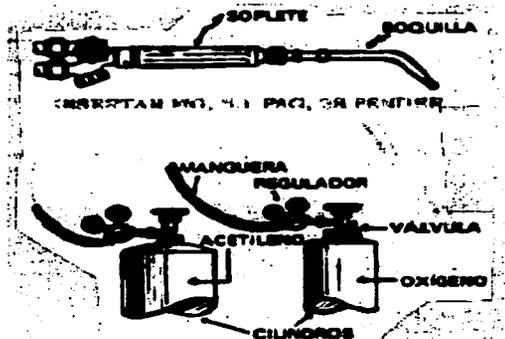


FIG. 3.12. EQUIPO BÁSICO PARA SOLDADURA CON OXIACETILENO.

El oxígeno.- Elemento gaseoso, incoloro e insípido a presión y temperatura ambiente (el oxígeno de alta pureza optimiza la combustión y logra una flama de 3200 grados C.).

Se obtiene por destilación fraccionada del aire (método más común a nivel industrial), tomando aire de la atmósfera que se purifica eliminando la humedad, el bióxido de carbono y las impurezas, con varias etapas de compresión y de enfriamiento el aire se vuelve líquido y en una columna de destilación fraccionada se rocía el aire líquido sobre tubos y platos evaporadores, donde se extrae el nitrógeno y aumenta la proporción de argón gaseoso, al llegar al 99.96% de pureza del argón se inicia el llenado de tanques de argón y termina el llenado de tanques de nitrógeno.

Al extraerse argón, disminuye la proporción de éste y aumenta la de oxígeno hasta llegar al grado de pureza deseado para éste gas (99.96%), terminando con el llenado de argón e iniciando el de oxígeno.

CILINDRO DE OXÍGENO.- Fabricado de una sola pieza en acero al silicio, que soporta presiones de trabajo de aproximadamente 160 Kg/cm², su capacidad más común es de 8 m³.

Su mayor peligrosidad estriba en la presión a la que contiene el gas, para identificarlo la ojiva o parte superior del tanque se pinta de color verde bandera, color asignado al oxígeno.

CILINDRO DE ACETILENO.- Es de acero y en su interior contiene una pasta porosa que se impregna de acetona, ésta disuelve al acetileno por lo que no es necesario comprimirlo a elevadas presiones para almacenarlo dentro del tanque, porque el acetileno es peligroso a presiones mayores de 1 Kg/cm².

Para identificarlo la ojiva se pinta de color rojo óxido, siendo más corto y más ancho que el de oxígeno, puede ser fabricado en varias secciones.

REGULADOR DE PRESIÓN DE OXÍGENO.- El oxígeno comprimido a altas presiones no puede usarse directamente, debe reducirse a presión de trabajo (dependiendo de las piezas por soldar y del calibre de boquilla empleada), esa es la función básica del regulador de oxígeno, éste cuenta con dos manómetros.

El primero graduado de 0 a 210 Kg/cm² aproximadamente, indica la presión existente dentro del tanque y el otro graduado en una escala inferior que indica la presión de trabajo del oxígeno.

REGULADOR DE PRESIÓN DE ACETILENO.- La presión no es muy elevada (18 Kg/cm²) y tampoco puede usarse directamente, debe reducirse la presión y este regulador cuenta también con dos manómetros, el primero está graduado de 0 a 45 Kg/cm² aproximadamente e indica la presión interior del tanque, el otro con una graduación inferior que indica la presión de trabajo del acetileno.

MANGUERAS.- Conducen el gas del regulador al soplete, de color verde para el oxígeno y de color rojo para el acetileno. La de oxígeno utiliza conexiones de rosca derecha y la de acetileno usa conexiones de rosca izquierda.

Porque no deben intercambiarse, puesto que pueden quedar residuos dentro de ellas que al mezclarse pueden causar un accidente.

SOPLETE.- Está formado por tres partes principales:

Maneral.- Sirve para sujetar el soplete y en él se encuentran las válvulas de control.

Mezclador.- En éste los gases se unen quedando la mezcla lista para su ignición e la salida de la boquilla.

Boquilla.- Sirve para concentrar y dirigir la mezcla en combustión.

FACTORES QUE INTERVIENEN AL SOLDAR CON OXI-ACETILENO.

1.- PRESIÓN DE TRABAJO: Debe ajustarse en los reguladores la presión de trabajo según el fabricante, el espesor del metal base y el calibre de la boquilla empleada.

2.- DISTANCIA DE LA BOQUILLA: La distancia entre la punta del cono luminoso y el metal base debe ser de 1 mm.

3.- POSICIÓN DE LA BOQUILLA: De frente la punta de la boquilla formará un ángulo recto con respecto al costado del material y de vista lateral la punta de la boquilla formará un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la superficie del metal base, en sentido contrario al avance del soplete.

4.- VELOCIDAD DE AVANCE: Afecta directamente el ancho del cordón, una velocidad alta da un cordón delgado y una velocidad baja da un cordón ancho.

TIPOS DE LLAMAS.- Se pueden obtener cuatro tipos de llamas dependiendo de la pureza del oxígeno y de la proporción de los gases utilizados (ver fig. 3.13):

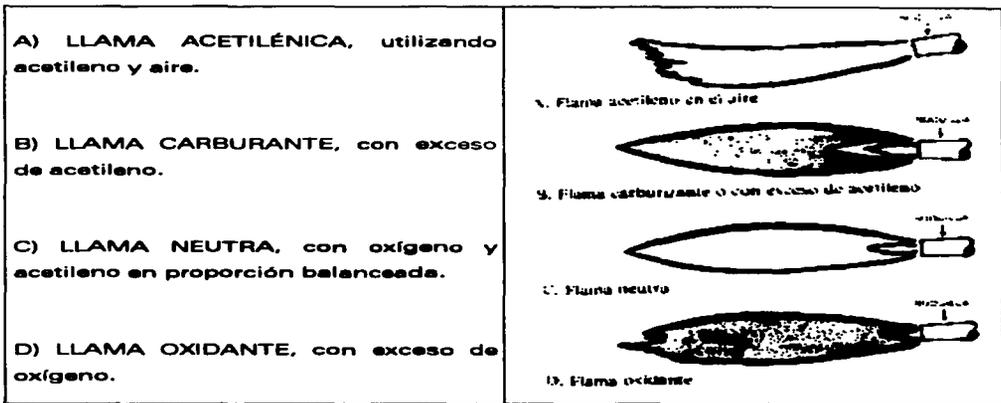


FIG. 3.13 TIPOS DE FLAMAS.

PRESIÓN DE TRABAJO.- Se reduce el riesgo de un retroceso de llama utilizando siempre la presión de trabajo recomendada por el fabricante del equipo y según el tipo y calibre de boquilla utilizada, obteniendo un determinado volumen de gas a la velocidad adecuada y que su combustión ocurra fuera de la boquilla. El volumen de gas proporciona el calor necesario para ejecutar el trabajo que se desea, a mayor espesor de la placa metálica mayor volumen de gas combustible y viceversa a menor espesor menor volumen.

PROCESO DE OXICORTE.- Es básicamente una reacción química que aprovecha la afinidad existente entre el oxígeno y los metales ferrosos, en especial a altas temperaturas.

Para el corte se utiliza precalentamiento hasta la temperatura de ignición, lanzando enseguida una corriente de oxígeno (por el orificio central de la boquilla) que oxida violentamente el metal base y produciendo un efecto de erosión con la fuerza misma con la que sale, aventando el metal que no se ha consumido,

iniciado el corte se debe mantener la velocidad de avance que permita continuarlo (automático o manual).

Las llamas de precalentamiento se forman en una serie de orificios periféricos que tiene la boquilla de corte, a los cuales llega una mezcla de oxígeno y acetileno de precalentamiento.

Si se cambia la boquilla para que vaya de acuerdo con el espesor del metal, se puede cortar casi cualquier espesor (ver la fig. 3.14). Cualquier obstrucción, ya sea en el agujero de oxígeno o en la punta de la boquilla, disminuirá la velocidad y producirá un corte áspero. Un chorro limpio y cilíndrico de oxígeno siempre producirá un corte uniforme.

ESPESOR METAL plg.	ESPESOR METAL mm.	BOQUILLA L.A.	BOQUILLA Meco	BOQUILLA Linde (#32)	BOQUILLA Linde (CW202)	BOQUILLA Linde (type E)
1/8	3		L00	0	3	3
1/4	6	0	L0	0	3	3
3/8	9.5	1	L1	1	4	4
1/2	12.5	1	L1	1	4	4
3/4	19	2	L2	1	5	5
1	25	2	L2	1	5	5
1 1/2	38	3	L2		7	7
2	50	4	L2		7	7
3	75	5	L3		7	7
4	100	5	L3		9	7
5	125	6	L3		11	9
6	150	6	L4		11	9
8	200	7	L5		11	11
10	255	7	L6			

FIG. 3.14. TABLA PARA CORTES. ^{REF.}

^{REF.} Tabla tomada de pag. 91, Soldadura 3a. edición, Pender James A

3.4 ARCO METÁLICO CON PROTECCIÓN DE GAS (GMAW)-(MIG).

El método de soldadura GMAW(Gas Metal Arc Welding)- MIG(Metal Inert Gas) es un proceso de unión por medio de un arco eléctrico (puede ser semiautomático o automático), produce en su desarrollo una coalescencia de metales entre el material de aporte (alambre consumible) y la pieza de trabajo.

La protección del charco de soldadura se obtiene a través de gases inertes o semi-inertes, con este gas de protección adecuado, material de aporte correcto y las condiciones de soldadura apropiadas se pueden soldar materiales como: acero al carbón, acero inoxidable, cobre y aluminio, aleación de níquel, aleaciones de magnesio, etc...

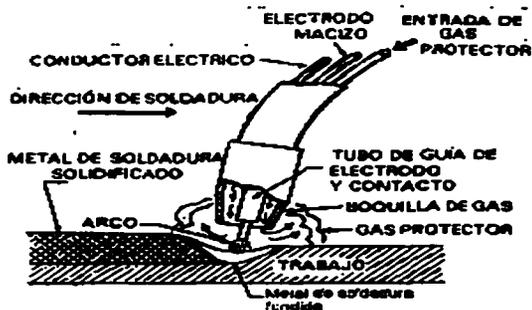


FIG. 3.15 PRINCIPIOS DEL PROCESO GMAW.

EQUIPO BÁSICO.- Para el proceso GMAW (MIG) está formado por:

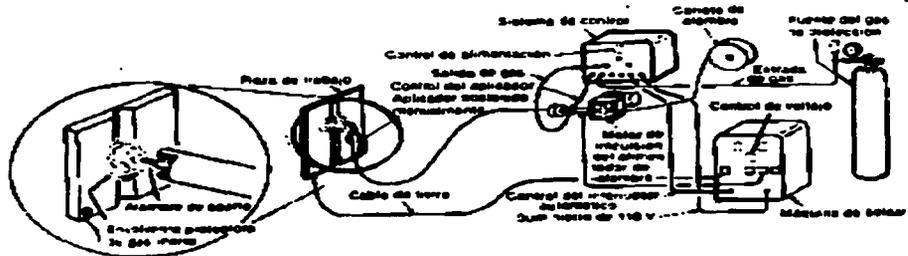


FIG. 3.16 EQUIPO BÁSICO PARA GMAW (MIG)

FUENTE DE PODER DE POTENCIAL CONSTANTE.- Son similares a las utilizadas en otros procesos de soldadura con alimentación de alambre, son de corriente continua y su capacidad depende del rango de amperaje requerido, variando de un mínimo de 20 hasta un máximo de 1200 amperes.

UNIDAD DE CONTROL.- Es un cuerpo separado de la fuente de poder y puede ser o no integrado en la unidad de alimentación de alambre, regula la velocidad del motor de alimentación del alambre (principalmente), por medio de un gobernador electrónico, siendo el operador quien la fija manualmente para obtener la corriente de soldadura apropiada.

La mecánica de conducción del alambre electrodo hacia el maneral consiste en pequeños motores (impulsados normalmente con corriente eléctrica), accionan un sistema de rodillos que arrastran y empujan al alambre en su recorrido, se instalan rápidamente según las necesidades. El alambre electrodo está alimentado por medio de un carrete de alimentación que lleva al alambre a un sistema de arrastre compuesto de rodillos

MANERAL.- Sujeta al electrodo y para llevar a cabo la soldadura, hay una extensa variedad de manerales para este proceso, según las necesidades de aplicación y capacidad de trabajo. En el sistema de soldadura semiautomática la variedad de manerales es más extensa que la del sistema automático.

ABASTECEDOR DE GAS.- Generalmente son cilindros que contienen al gas utilizado para la protección del charco de soldadura, contendo con un regulador de presión y también un flujómetro que calibra la cantidad de gas que estará destinado para la protección del charco de soldadura, las mangueras utilizadas deberán ser de un diseño especial para este tipo de trabajo.

La atmósfera protectora de gas se usa para evitar que el aire se combine con los componentes del metal fundido (ocasionando poros y formación de cristales duros y frágiles), si es defectuosa o se contamina será la causa de porosidad en la soldadura.

Puede mezclarse con el aire si el flujo de gas es alto y ocasiona turbulencias, contaminando la soldadura.

La selección del gas depende de los siguientes factores:

- 1.- Tipo del material a soldar.
- 2.- Espesor de la unión a soldar.
- 3.- requerimientos de calidad.
- 4.- Factores metalúrgicos.

Ningún gas inerte individual es satisfactorio para cubrir todas las características del trabajo, es más eficaz utilizar una mezcla de gases de acuerdo a la tabla siguiente (fig. 3.17):

TIPO DE METAL	GAS DE PROTECCIÓN	RESULTADOS Y VENTAJAS
Aceros al Carbón	Argón con 20-25 % de CO ₂	Alta velocidad de soldadura en espesores inferiores de 3.5 mm., buena fusión y penetración con muy pocas salpicaduras y mínima distorsión de la pieza bajo proceso.
Aceros al Carbón	50 % Argón, 50 % CO ₂	Mínimo de salpicaduras en espesores superiores a los 3.5 mm., óptimo control del arco de soldadura en posición vertical y sobrecabeza.
Aceros al Carbón	CO ₂	Alta velocidad de aportación de la soldadura, penetración profunda, a menor costo (el CO ₂ es más barato que el argón y el helio), con una proporción de salpicadura más alta, especialmente en pequeños espesores.
Aceros Inoxidables	90 % helio 7.5 % argón 2.5 % CO ₂	No produce ningún efecto dañino en la resistencia a la corrosión; buena estabilidad del arco de soldadura; no produce distorsión de la pieza bajo proceso dada la poca aportación de calor y no produce socavaciones.
Aceros de Baja Aleación	60-70 % helio 25-35 % argón 4-5 % CO ₂	Buena resistencia, excelentes características del material aportado y de contorno del cordón; produce pocas salpicaduras. Excelente estabilidad del arco de soldadura, óptimas características de fusión y del contorno del cordón de soldadura, casi exento de salpicaduras.
Aluminio, Cobre, Magnesio, Níquel y sus Aleaciones	Argón Argón y helio	El argón como se explica se indica para materiales de pequeño espesor, mientras que la mezcla argón-helio se prefiere en aplicaciones con metal base de mediano y grueso espesor.
Acero al Carbón	Argón-3.5 % de oxígeno CO ₂	Esta mezcla permite la aplicación de la soldadura con alta velocidad, una buena coalescencia del contorno del cordón, buena estabilidad del arco, minimiza la socavación, con un buen control de la fusión, y pocas salpicaduras. Con el sistema automático de soldadura, produce cordones con altas velocidades, también en el método manual la soldadura con el gas CO ₂ proporciona óptimos resultados, con bajo costo, mucho más inferior que los demás gases.

Aceros Inoxidables	Argón - 1 % Oxígeno Argón - 2 % oxígeno	Con la aportación del 1 % de oxígeno se obtiene una buena estabilidad del arco, mínima socavación, con una buena coalescencia en el contorno del cordón. Proporciona una mejor estabilidad del arco y una mayor velocidad de soldadura (mayor que la de la mezcla anterior).
Aluminio	Argón 75 % Helio 25 % Argón	Recomendado para espesores hasta de 25 mm. por la buena transferencia del metal y estabilidad del arco, produce pocas salpicaduras. Por su alta aportación de calor ésta mezcla es apropiada para espesores dentro del rango de 25 hasta 75 mm.
Aluminio	90 % Helio 10 % Argón	Al aumentar el porcentaje de helio (de alta conductividad térmica) aumenta la aportación de calor, su uso es apropiado para aplicación de soldadura sobre los 75 mm. de espesor, con una producción mínima de porosidad.
Magnesio	Argón	Produce una excelente acción limpiadora.
Aceros de Baja Aleación	Argón - 2 % de oxígeno	Buena estabilidad de arco, minimiza la socavación y le da una buena resistencia.
Cobre - Níquel y sus Aleaciones	Argón Helio - Argón	Proporciona un buen daño y un buen control de la soldadura en aquellos espesores que están entre 1 y 3.5 mm. Con la aportación del 50 al 75 % de helio y por su alta conductividad térmica, es indicado para trabajos pesados.
Metales Reactivos (Ti - Zr - Ts)	Argón	Para soldar estos metales se recomienda usar gas inerte en el respaldo para prevenir la contaminación del área de soldadura. Produce buena estabilidad del arco.

FIG. 3.17 TABLA PARA SELECCIÓN DE GAS.

ELECTRODOS.- En el proceso GMAW (MIG) el material que se usa como alambre electrodo influye en la calidad del cordón de soldadura y determina las propiedades químico-mecánicas del material depositado, normalmente tiene las mismas características en la composición química de los materiales de aporte usados en otros procesos de soldadura con alambres sólidos, los alambres

electrodos de acero al carbón están recubiertos por una ligera capa protectora de cobre (del óxido), que permite mejor contacto eléctrico al pasar por el tubo de contacto del maneral de soldadura.

El alambre electrodo no siempre debe tener las mismas características del material base, siendo de un diámetro mucho menor que los empleados en el proceso de arco eléctrico manual con electrodo revestido.

-CLASIFICACIÓN: Está especificada por medio de una serie de números, letras e índices adicionales, es un sistema similar al usado en la clasificación de los electrodos recubiertos. En seguida se da un ejemplo del significado de la clasificación típica de AWS (American Welding Society), para acero al carbón.

Alambre Electrodo AWS-ER 70S-3:

AWS = American Welding Society.

E = Indica que el material de aporte es electrodo, en este caso alambre electrodo, por tanto indicado para usar con el método de arco metálico con protección de gas.

R = Varilla, indica que este material se puede emplear como material de aporte, en soldadura combinada como es arco de tungsteno con alambre o en arco plasma.

70 = La numeración indica el mínimo de resistencia a la tracción por pulgada cuadrada, y se obtiene multiplicando el número por el prefijo 1000, que da como resultado 70 000 libras/plg². Si en lugar de dos son tres las cifras que encabezan la numeración, por ejemplo 100, la resistencia mínima a la tracción será $100 \times 1000 = 100\,000$ libras/plg²

S = El significado de esta letra quiere decir sólido e indica que es tipo de alambre sólido, algunos lo llaman también alambre macizo.

3 = Este número indica la composición química del depósito. Según los tipos de alambre en lugar de este número puede tener la letra G, o un número combinado con letras para especificar los elementos mayoritarios y más información acerca del depósito, por ejemplo:

ER XXS-G = La letra G indica que este tipo de clasificación no requiere especificación de la composición química

ER XXS-BX = La letra B indica que el alambre es del tipo al cromo-molibdeno.

ER XXS-NIX = La letra Ni indica que el alambre es del tipo al níquel.

ER XXS-DX = La letra D indica que el tipo de alambre es al manganeso-molibdeno y por tanto apto para soldar un acero al manganeso-molibdeno.

ER XXS-BXL = La letra L (low) indica que se refiere a la cantidad de carbono, o sea un alambre de bajo contenido de carbono (porcentaje máximo 0.5 %). Si la clasificación termina en ECL será un alambre Extra Bajo Carbono.

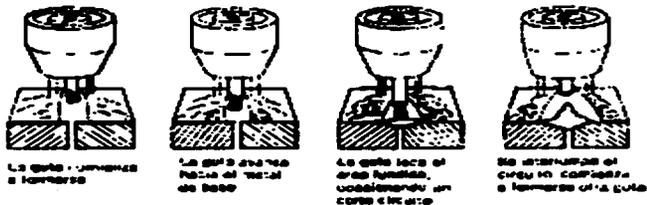


FIG. 3.18 TRANSFERENCIA POR CORTO CIRCUITO.

TRANSFERENCIA.- Se le llama transferencia a la forma en que se deposita el material de aporte sobre el metal base. En seguida se citan las formas de transferencia más comunes.

Transferencia por corto circuito: En soldadura de arco de cortocircuito se utilizan intensidades de corriente bajas, que producen poca acumulación de material de soldadura y rápido enfriamiento, menor es el calor que se aporta a la unión y menor será la distorsión, se indica para soldadura de uniones delgadas (ver fig. 3.18).

Transferencia globular: Cuando se usa una fuente de poder de corriente directa con el alambre electrodo conectado al polo positivo y una corriente relativamente baja sin importar el tipo de gas de protección, el metal de aporte se deposita en forma globular o gotas grandes.

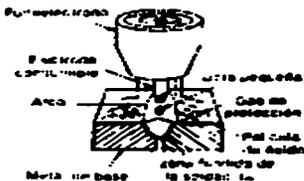


FIG. 3.19 TRANSFERENCIA POR SPRAY O ROCÍO.

Transferencia por spray o rocío: Se obtiene por medio de una protección de gas argón o helio no inferior al 80 %, tiene una columna de arco muy fina y el material de aporte derretido se transfiere a través del arco en forma de gotas muy finas, con un diámetro más o menos igual al diámetro del alambre electrodo (ver fig. 3.19).

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO GMAW (MIG).- Las condiciones de aplicación de un cordón de soldadura (ver fig. 3.15) influyen

directamente en la calidad de ésta, se deben respetar los factores que componen dichas condiciones y son:

- **Selección del gas de protección adecuado:** El uso de determinado gas o de una combinación de gases influye en la penetración y geometría de un cordón de soldadura.
- **Corriente apropiada:** Se aumenta o disminuye, para espesores de material delgado se usará menor amperaje y para espesores de material grueso se usará amperajes más altos, eligiendo el amperaje en base a (ver fig. 3.20):



FIG. 3.20 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

- a) Tipo de unión.
- b) Espesor del metal base.
- c) Posición de la junta a soldar.
- d) Tipo de material base.
- e) Diámetro del alambre electrodo

- **Selección correcta del alambre:** El diámetro del electrodo y su composición determinan el rango correcto de amperaje. Junto con el tipo de unión, espesor de la misma y posición de soldadura, influyen en la calidad y costo del metal depositado.

- **Extensión del alambre:** Se considera como la longitud durante la soldadura entre la terminal del tubo de contacto y la punta del alambre electrodo en derretimiento (ver fig. 3.21)

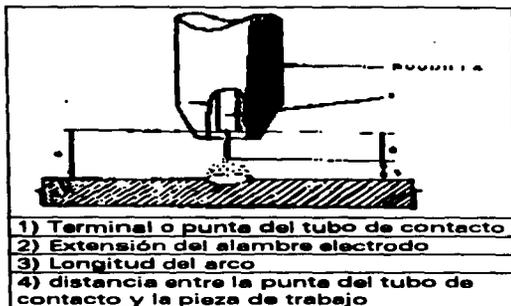


FIG. 3.21 EXTENSIÓN DEL ALAMBRE ELECTRODO.

- Voltaje de arco correcto: Es el potencial eléctrico existente entre la pieza de trabajo y la punta del alambre electrodo durante el derretimiento y la longitud de arco es directamente proporcional al voltaje (ver fig. 3.22), se puede variar el voltaje variando la longitud de arco.

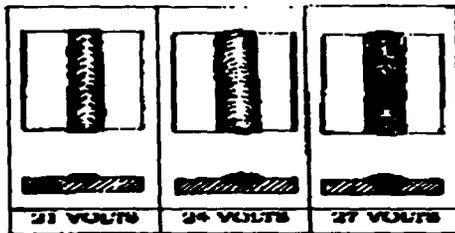


FIG. 3.22 EFECTOS DEL VOLTAJE.

Demasiada longitud de arco produce aumento del ancho del cordón e irregularidad en la geometría del mismo, salpicaduras, porosidad, falta de penetración, etc.. Y una longitud de arco demasiado reducida produce falta de penetración, chisporroteo excesivo, irregularidad geométrica del cordón, refuerzo excesivo, falta difusión, etc..

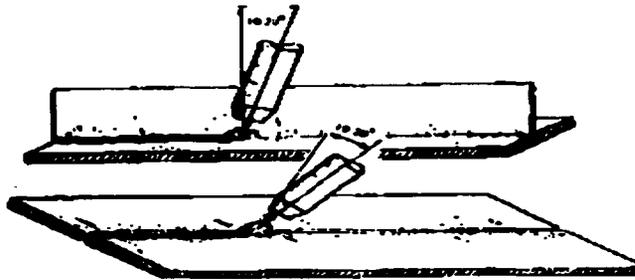


FIG. 3.23 ÁNGULO LONGITUDINAL.

Ángulo de la boquilla.- Es la posición que debe mantener el maneral respecto a la unión, consta de dos ángulos (transversal y longitudinal).

Son determinantes en la formación geométrica de un cordón de soldadura y su uso está relacionado con los resultados que se quieran alcanzar.

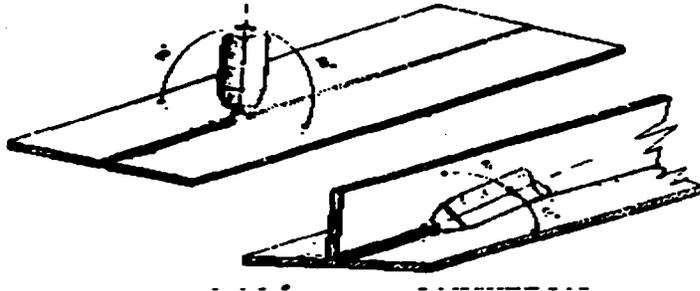


FIG. 3.24 ÁNGULO TRANSVERSAL.

El ángulo transversal es la relación entre la boquilla y la unión de soldadura en un ángulo perpendicular a la dirección de avance de la soldadura (ver fig. 3.23).

El ángulo longitudinal es la relación entre la línea de centro de la boquilla y la línea perpendicular al eje de la soldadura (ver fig. 3,24). También llamado ángulo de avance de la soldadura, pudiendo ser de empuje, escuadra y de arrastre (ver fig. 3.25).

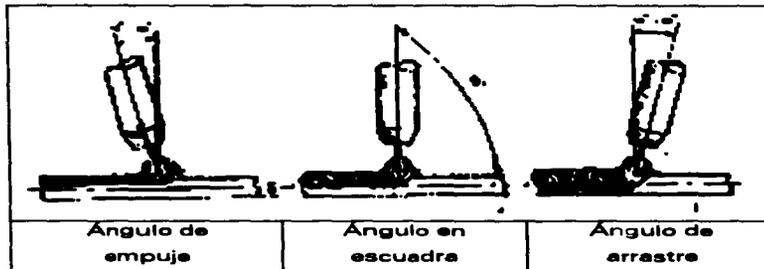


FIG. 3.25 ÁNGULO DE APLICACIÓN.

- **Velocidad de avance:** Es la velocidad de aportación de una soldadura a lo largo de la unión (ver fig. 3.26). Un aumento o disminución de la velocidad de avance, modifica el grado de penetración, ancho del cordón y su forma geométrica.

Demasiada velocidad provoca socavaciones, falta de penetración y cordones estrechos, el arco no tiene el tiempo necesario de proporcionar la justa cantidad de calor.

Baja velocidad aumenta la cantidad de material depositado, aumento del ancho del cordón y refuerzo excesivo, deficiente penetración por el aumento de espesor, puede provocar desfondamiento de la unión,

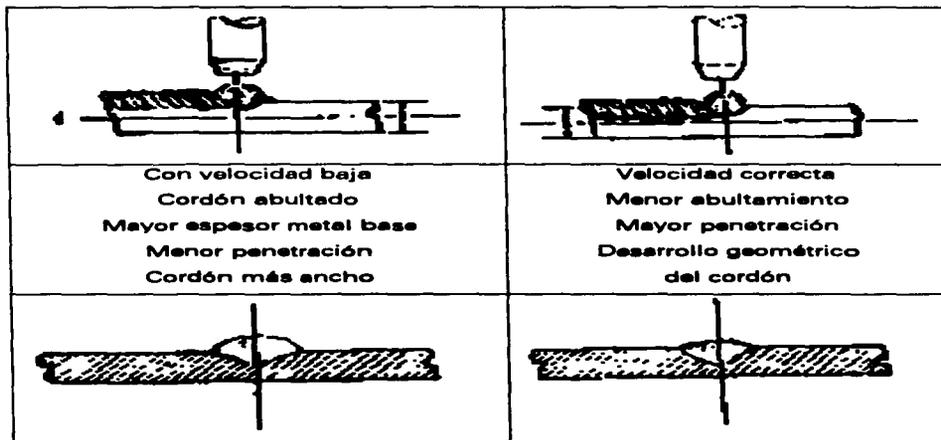


FIG. 3.26 EFECTO DE LA VELOCIDAD.

3.5 ARCO DE TUNGSTENO CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE (GTAW) (TIG).

Es un proceso de soldadura por fusión, establece un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el metal base, protegido por un gas o una mezcla de gases que funcionan como fúndente, puede o no usarse metal de aporte alimentado manualmente dentro del charco de soldadura (ver fig. 3.27).

EQUIPO UTILIZADO.

- Fuente de poder: Puede ser un transformador rectificador o bien un generador de CC, equipadas con (ver fig. 3.28):

1.- Una unidad de alta frecuencia CAF), produce una chispa del electrodo al metal que se va a soldar, puede formar el charco sin tocar el metal con el electrodo.

2.- Un sistema de control para accionar las válvulas para gas y agua.

3.- Solo algunas máquinas tienen un control remoto accionado con interruptores de pedal o de mano.

4.- Opcionalmente un interruptor de contacto que cierra las válvulas para gas y agua en un determinado momento después de terminar la soldadura.

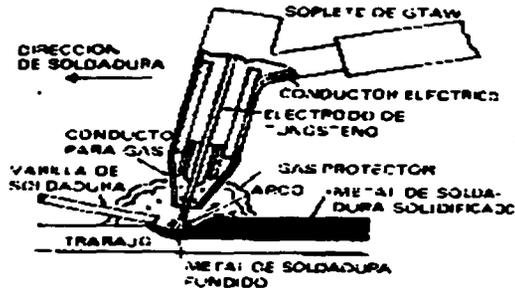


FIG. 3.27 SOLDADURA CON GAS Y ARCO DE TUNGSTENO.

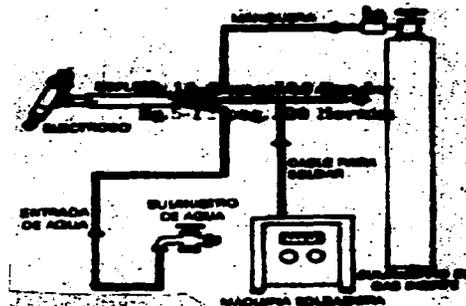


FIG. 3.28 EQUIPO BÁSICO PARA GTAW (TIG).

La corriente alterna de alta frecuencia se utiliza para metales que tienen una película de óxido en la superficie y se utiliza CC de polaridad directa en metales que no requieren la limpieza de la película de óxido.

- Gases protectores: Los gases inertes (no reaccionan ni se combinan con otros elementos) de uso más extenso en GTAW (TIG) son el argón y el helio, protegen a la soldadura y al electrodo contra la contaminación de la atmósfera ambiente. Se recomienda el argón para la soldadura manual, porque se consumen 2.5 veces más de helio para producir los mismos efectos que el argón y para la soldadura automática se prefiere el helio, porque produce un arco de mayor penetración, así como las mezclas de ambos producen excelentes resultados.

Además de los cilindros, se utiliza un regulador (similar al del oxígeno) y un flujómetro donde se gradúa la presión del gas, el cual al circular por éste levanta una esfera hasta la presión exacta que llega a la antorcha o soplete.

Soplete.- Tiene la misma función del portaelectrodos para arco eléctrico manual sujetando al electrodo para poder establecer el arco, la antorcha consta de las siguientes partes.

Collar.- Está disponible en diámetros de acuerdo con los electrodos, alojando y fijando al electrodo, permitiendo el paso de la corriente para soldar y protegiendo al electrodo contra daños o contaminación.

Tobera (boquilla).- Son de dos tipos generales, de cerámica y de metal, las de cerámica se utilizan con sopletes enfriados por aire y las de metal con soplete enfriado por agua, protegen al electrodo y dirigen el gas protector, influyendo el tamaño de ésta en el flujo gaseoso, la forma del extremo del electrodo y la longitud que sobresale de la boquilla regulan la estabilidad del arco.

- Electrodos: Están hechos de tungsteno por su muy alto punto de fusión (3270 grados C.) y su gran dureza, vienen con la punta roma (de fábrica) y hay que prepararla por esmerilado (en forma puntiaguda) o fundiéndola (en forma de bola), según sea el tipo de corriente que se vaya a utilizar. En forma de bola para C:A y C:C. de polaridad inversa, de forma puntiaguda para C:C: de polaridad directa, un mal esmerilado produce una inadecuada protección y la

contaminación de la soldadura, por ser frágiles y costosos para volver a esmerilar la punta se debe quitar sólo la parte contaminada (ver fig. 3.29).

TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO.

CÓDIGO AWS	COLOR DE LA PUNTA	DESIGNACIÓN
EWP	VERDE	Tungsteno puro
EWth - 1	AMARILLO	Tungsteno + 1 % de torio
Ewth - 2	ROJO	Tungsteno + 2 % de torio
EWzr	CAFÉ	Tungsteno + zirconio

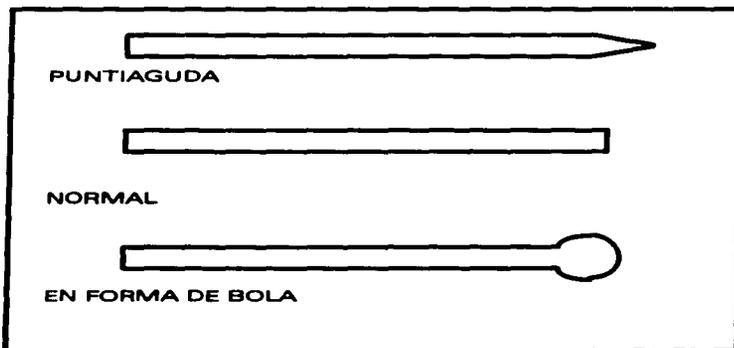


FIG. 3.29 CARACTERÍSTICAS DE LAS PUNTAS DE LOS ELECTRODOS.

- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO: Cuando se utilizan amperajes menores de 150 A. se emplean sopletes enfriados por aire y cuando se utilizan amperajes mayores de 150 A. en la soldadura GTAW, el soplete tiene enfriamiento por agua.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.

Las principales variables que es necesario controlar cuando se utiliza el proceso GTAW (TIG) son las siguientes:

- 1.- Intensidad de corriente de soldadura, depende del diámetro del electrodo, de la posición de la soldadura y del espesor del metal base.
- 2.- El tipo de corriente de soldadura, para aluminio preferentemente alterna y para aceros directa (ver fig. 3.30).

TIPO DE CORRIENTE	ALTA FRECUENCIA	FUNCIÓN	APLICACIÓN PRINCIPAL
CORRIENTE ALTERNA	CONTINUA	ENCENDIDO Y ESTABILIZACIÓN DEL ARCO	ALUMINIO Y MAGNESIO
CORRIENTE DIRECTA	ARRANQUE	ENCENDIDO DEL ARCO	ACERO INOXIDABLE COBRE ACERO AL CARBÓN

FIG. 3.30 TABLA TIPOS DE CORRIENTE PARA GTAW (TIG).

- 3.- Tipo de electrodo de tungsteno, para aluminio tungsteno puro y tungsteno con torio para aceros (ver fig. 3.31).

PUNTA	CORRIENTE Y POLARIDAD	CLASIFICACIÓN AWS	NOMBRE COMERCIAL	BANDA DE IDENTIFICACIÓN
ESFÉRICA	CORRIENTE ALTERNA	EW - P	TUNGSTENO PURO	VERDE
ESFÉRICA	CORRIENTE ALTERNA	EW - Zr	TUNGSTENO CON ZIRCONIO	CAFÉ

AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 1	TUNGSTENO CON 1 % DE TORIO	AMARILLO
AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 2	TUNGSTENO CON 2 % DE TORIO	ROJO
AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 3	TUNGSTENO CON 3 % DE TORIO	AZUL

FIG. 3.31 TABLA TIPOS DE ELECTRODO DE TUNGSTENO.

4.- Tipo y flujo de gas de protección, pudiendo ser argón, helio o mezclas que contienen elementos tales como helio, argón y oxígeno.

5.- Tipo de material de aporte, generalmente es similar al metal base.

6.- Tipo de máquina, de corriente constante, ya sea generador o transformador rectificador, si es de corriente alterna se utiliza corriente de alta frecuencia para encender y estabilizar el arco.

3.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA.

Básicamente es un grupo de procesos, donde se genera el calor necesario para soldar, por la resistencia de las partes al paso de una corriente eléctrica, además de la aplicación de presión mecánica, para unir las partes por forjado.

La presión refina la estructura de los cristales y produce soldadura con propiedades físicas iguales y a veces superiores a las del metal base.

El equipo que se utiliza, se clasifica en base a su funcionamiento eléctrico, la máquina monofásica es la de uso más común, sencilla y de menor costo de adquisición, instalación y mantenimiento.

La máquina monofásica de C.A. esta formada por transformador, interruptor y circuito secundario, el cual incluye los electrodos.

La energía utilizada se toma directamente de una línea de fuerza (ver fig. 3.32)

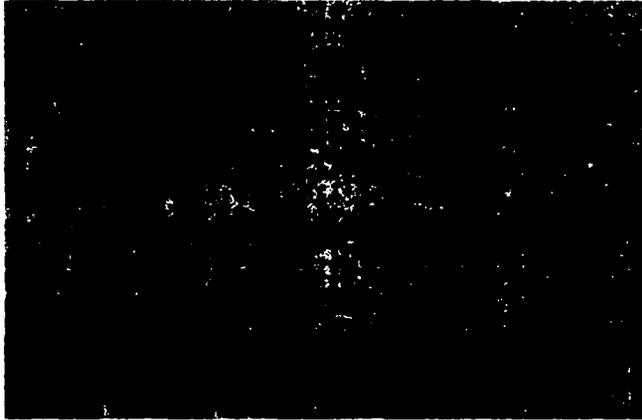


FIG. 3.32 ESQUEMA DE UNA MÁQUINA DE SOLDADURA POR RESISTENCIA.

SOLDADURA POR PUNTOS.

La soldadura por puntos, consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado, entre dos electrodos (de cobre o de una aleación de éste) de soldar y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a la unión de éstas (ver fig. 3.33).



FIG. 3.33 SOLDADURA POR PUNTOS.

La secuencia de éste proceso consta de 3 tiempos:

Tiempo de compresión.- Tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo y la primera aplicación de la corriente, al hacer soldadura de puntos y soldadura de costura por resistencia.

Tiempo de soldadura.- Tiempo en el que pasa la corriente de soldar a través de las partes que se están uniendo, el cual se expresa ordinariamente en ciclos.

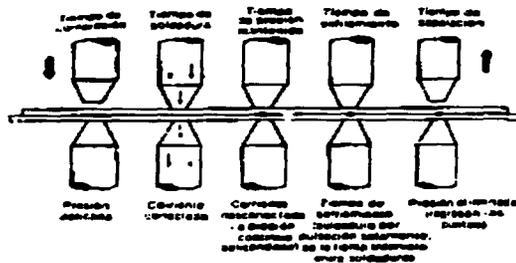


FIG. 3.34 SECUENCIA GRÁFICA DE SOLDADURA DE PUNTOS.

Tiempo de mantenimiento de la presión.- Tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura, después de haber cesado el paso de la corriente de soldar, permite que se enfríe o endurezca la pequeña región

plástica de soldadura, después de lo cual se suprime la presión y se retira la punta (ver fig. 3.34)

SOLDADURA POR COSTURA.

Consiste en hacer una serie de soldaduras de puntos a traslape, hermética a gases y líquidos, emplea dos electrodos circulares rotatorios o uno rotatorio y uno de tipo de barra para transmitir la corriente.

La limpieza de las superficies por soldar es muy importante. Los materiales factibles de unir por éste proceso incluyen los aceros con alto contenido de carbono, los inoxidables y los recubiertos, así como las aleaciones de aluminio, níquel y magnesio. No se recomienda para el cobre o las aleaciones de alto contenido de cobre, debido a su alta conductividad eléctrica (ver fig. 3.35).

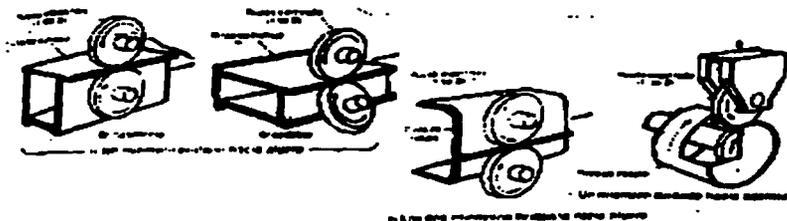


FIG. 3.35 ARREGLOS DE RUEDAS ELECTRODO.

SOLDADURA POR SALIENTES.

La corriente y el flujo de calor se localizan en un punto predeterminado por el diseño o la configuración de una de las dos partes a soldarse (ver fig.3.36), siendo en el acero de bajo contenido de carbono (0.20 % máximo), donde se obtienen los resultados más satisfactorios.

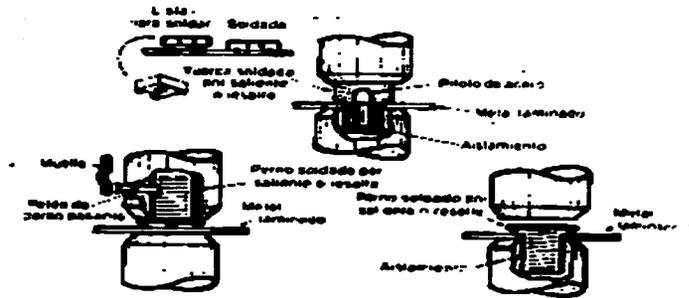


FIG. 3.36 SOLDADURA POR SALIENTES.

Las máquinas utilizadas son similares en principio a las que se utilizan para la soldadura por puntos del tipo de presión, aquí los electrodos utilizados realizan tres funciones importantes:

- 1.- Conducen la corriente de soldar a la pieza de trabajo, se seleccionan éstos tomando en cuenta que se utiliza presión para soldar y en base a la conductividad eléctrica y térmica.
- 2.- Transmiten la presión o fuerza apropiada a la zona de soldadura, manteniendo la corriente conducida dentro de una zona fija, teniendo por esto que soportar esfuerzos considerables a temperaturas elevadas y sin sufrir una deformación excesiva.
- 3.- Disipan el calor de la zona de soldadura con mayor o menor rapidez, dependiendo del proceso utilizado y de la necesidad de disipación del calor.

SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

Es un proceso de soldadura a tope por resistencia, se presanan dos piezas de trabajo mediante dispositivos adecuados para transmitir la corriente y sostener los extremos de ambas en contacto muy ligero.

Al pasar la corriente eléctrica por la pieza de trabajo se produce un arco, que en combinación con la resistencia eléctrica, calienta los extremos que se encuentran a tope, hasta la temperatura apropiada (punto de fusión).

Para la profundidad correcta, entonces con un movimiento súbito se ponen en contacto las piezas de trabajo con la fuerza suficiente para ocasionar una deformación con reborde (rebordo de soldadura)

Producido por haber empujado el metal fundido y una parte del metal plástico hacia afuera de la zona de unión (ver fig. 3.37).

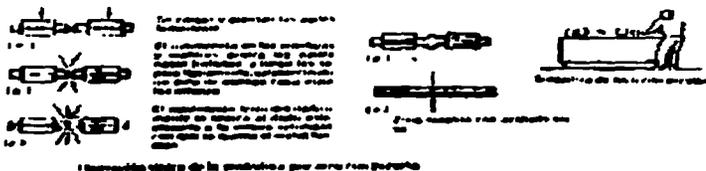


FIG. 3.37 SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

En muchas aplicaciones este rebordo tiene que ser eliminado después de soldar, éste proceso puede utilizarse para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con excepción del hierro fundido, el plomo, el estaño, el bismuto y las aleaciones de antimonio.

SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

Es un proceso de soldadura a tope por resistencia, se prensan dos piezas de trabajo mediante dispositivos adecuados para transmitir la corriente y sostener los extremos de ambas en contacto muy ligero.

Al pasar la corriente eléctrica por la pieza de trabajo se produce un arco, que en combinación con la resistencia eléctrica, calienta los extremos que se encuentran a tope, hasta la temperatura apropiada (punto de fusión).

Para la profundidad correcta, entonces con un movimiento súbito se ponen en contacto las piezas de trabajo con la fuerza suficiente para ocasionar una deformación con reborde (rebordo de soldadura)

Producido por haber empujado el metal fundido y una parte del metal plástico hacia afuera de la zona de unión (ver fig. 3.37).

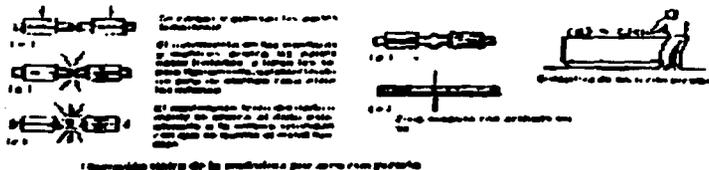


FIG. 3.37 SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

En muchas aplicaciones este rebordo tiene que ser eliminado después de soldar, éste proceso puede utilizarse para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con excepción del hierro fundido, el plomo, el estaño, el bismuto y las aleaciones de antimonio.

SOLDADURA A TOPE CON RECALCADO.

Este proceso fue la forma primitiva de soldadura por resistencia (ver fig. 3.38), es la fusión simultánea de las superficies acomodadas a tope o bien progresivamente a lo largo de una junta, mediante el calor obtenido por la resistencia al paso de la corriente por la zona de contacto de dichas superficies, aplicando la fuerza para soldar antes de iniciar el calentamiento y manteniéndola durante todo el período de dicha operación.

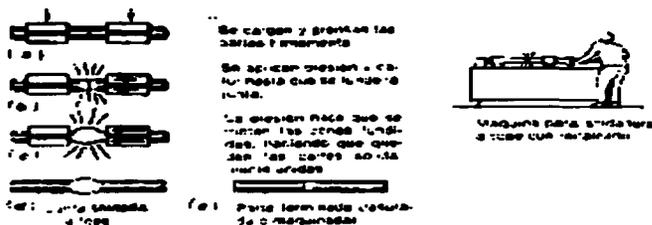


FIG. 3.38 SOLDADURA POR ARCO CON RECALCADO.

3.7 PROCESO ALUMINOTÉRMICO (SOLDADURA DE TERMITA).

Es un proceso que obtiene el calor necesario para soldar circundando las partes por unir con metal líquido sobrecalentado y escoria. El metal sobrecalentado y la escoria se producen en una reacción exotérmica de dos materiales (óxido de hierro y polvo de aluminio), proporcionando una elevada temperatura que funde parcialmente las paredes de la unión, obteniendo hierro de alta pureza que sirve como material de aporte y óxido de aluminio como escoria (ver fig. 3.39).

La reacción existente entre los materiales se da de la siguiente manera:



Significa que, aproximadamente una proporción de aluminio con tres de óxido de hierro, al reaccionar producen 3680 Kcal (energía calorífica), con una temperatura de ignición de aproximadamente 1150 C°. y en la práctica proporciona una temperatura superior a los 2500 C°, suficientes para una buena unión con o sin presión.

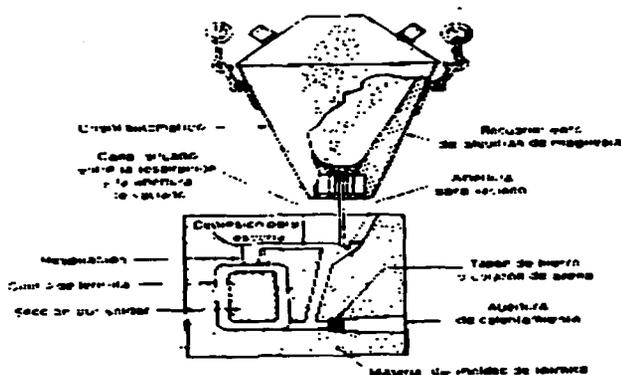


FIG. 3.39 SOLDADURA DE TERMITA.

Durante el tiempo de combustión, alrededor de 35 segundos, el aluminio en polvo y el óxido de hierro se encuentran dentro de un crisol especial tapado en la parte inferior, al encenderse por la parte superior, el aluminio se combina con el óxido de hierro y forma óxido de aluminio (escoria), quedando en la parte superior del crisol y una forma pura de hierro (acero de termita) en la inferior, alcanzando una temperatura de unos 2400 C°.

A la pieza por soldar se le coloca un molde de arena y se precalienta para evitar fracturas en la unión, resultando ésta más uniforme. Se deja libre el metal líquido rellenando toda la unión y se desvía el crisol evitando que caiga escoria en la

unión. Terminada la soldadura, se retira el molde y el excedente de soldadura, principalmente por esmerilado.

Se producen soldaduras de buena calidad, con equipo sencillo y el operario no necesita equipo de protección, usando básicamente el crisol, la termita y el molde

El crisol es de un material refractario que permite la reacción (la termita) a elevadas temperaturas dentro de él, tiene una compuerta que se abre para verter el hierro fundido, se le coloca una pequeña cantidad de peróxido de bario mezclada con polvo de aluminio o magnesio, formando un montículo en la parte superior de la termita y se introduce una cinta de magnesio que funciona como fusible.

Un soporte fija al crisol encima del molde de fundición. El molde utilizado está construido por placas metálicas, cera y arena de moldeo, tiene un depósito de escoria, elevadores y una compuerta por donde pasa el metal fundido hacia las piezas a unir, tiene una entrada para la boquilla precalentadora y éste se coloca en las piezas que se van a soldar.

Este proceso se puede dar de las siguientes formas:

Soldadura aluminotérmica por fusión.- Se limpian bien las piezas y se alinean en posición correcta, moldeando alrededor de la junta con cera el volumen aproximado que ha de tener la soldadura, se rodea el modelo de cera con arena hasta formar un molde bien compacto, previsto de los siguientes elementos:

- a) Un canal de colada para verter el metal líquido.
- b) Un rebosadero o mazarota.
- c) Un canal de caldeo en la parte inferior del molde y una depresión en forma de cubeta (para la escoria) en la parte superior del molde.

Se empieza calentando el molde con un soplete para fundir la cera y que ésta salga por el canal, elevando la temperatura de las piezas que se han de soldar

(hasta el rojo cereza), iniciando la combustión de la termite en el crisol, terminando la combustión se cuele el hierro líquido del crisol por un orificio de su fondo, quedando las escorias flotando sobre el hierro, protegiendo así de la oxidación a la soldadura, una vez enfriado el metal se rompe el molde, se cortan el canal de colada y se desbarba la soldadura.

Soldadura aluminotérmica por presión. Aquí en lugar de utilizar el hierro de la termite como metal de aportación, se aprovecha sólo el calor producido por la reacción para calentar las superficies a soldar, soldandolas exclusivamente por elevación de temperatura y la presión con la que se obliga a juntar una con otra.

Se preparan las superficies a soldar de manera que ajusten bien una contra otra (sin dejar ningún espacio), se rodea la junta con un molde permanente (formado por dos piezas), se vuelca el crisol sobre el molde para que la escoria caiga primero calentando la junta e impidiendo que entre en contacto con ella el hierro de la termite, que cae finalmente rodeando la junta sin tocarla (como una corona de hierro), a continuación se presionan por medio de mordazas u otro procedimiento las dos piezas, para producir un ligero recalado, finalmente se retiran las escorias y la corona de hierro.

Este procedimiento es costoso y de realización complicada, por lo que se emplea poco.

Soldadura aluminotérmica por fusión y presión.- Es el proceso más empleado en la soldadura de carriles, soldando la base de los carriles por fusión y la cabeza por compresión. Se coloca entre las cabezas de los carriles una chapa de acero, dejando separadas (el espesor de la chapa) las bases, se rodea la junta con un molde permanente (de dos piezas), se vierte la termite (reaccionada en el crisol), asegurando que caiga primero el hierro, rodeando las bases de los carriles y la escoria se vierte sobre la cabeza de éstos, elevando la temperatura de las cabezas para comprimirlas, por medio de mordazas apropiadas hasta soldarlas a tope, finalmente se abre el molde, se retiran las escorias y se rebaja la soldadura.

Aplicaciones.- La soldadura con termite se adapta principalmente a la unión de secciones pesadas, desde extremos de rieles que requieren unos cuantos kilogramos de metal, hasta grandes estructuras navales. En todas las

aplicaciones, deben emplearse los métodos normales de fusión, para controlar las incidencias de porosidad, inclusiones de escoria, concentraciones y grietas. Cubiertas fracturadas de hierro y acero, armaduras y flechas de sección gruesas pueden también repararse por medio de soldadura con termita.

3.8 SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW).

El proceso de soldadura ocurre bajo una cubierta completa de fúndente granular. Éste proceso mantiene un arco eléctrico entre un electrodo de alambre desnudo, que avanza continuamente y se funde, la pieza de trabajo está situada debajo de una mesa de flujo granular fundible (ver fig.3.40).

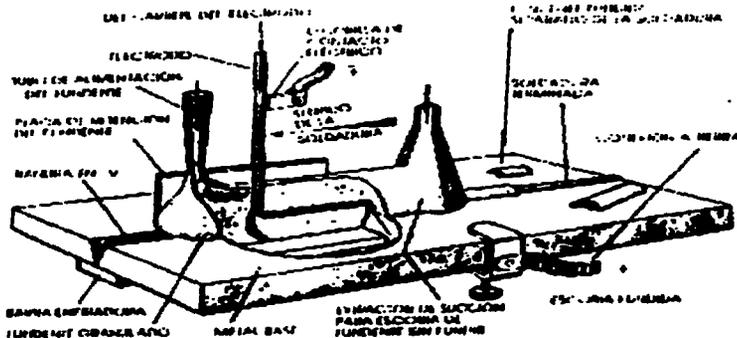


FIG. 3.40 PROCESO DE ARCO SUMERGIDO.

Características del proceso.

- Pocos requerimientos de limpieza.
- La velocidad de avance es mayor.

- Se utilizan altas intensidades de corriente.
- La contaminación del electrodo es nula.
- Se utilizan fundentes en forma granular.
- No es necesario equipo de protección visual para el operador.
- Proporciona soldaduras limpias y de contornos lisos.

Fenómeno fundamental.

El arco se origina con un electrodo de alambre desnudo y el metal base o pieza de soldar, protegido por un fúndente granular, el calor generado por el arco funde localmente al metal base, al electrodo y al fúndente.

Penetrando, fundiendo y rellenando la unión.

El fúndente granular rodea al electrodo consumible que es alimentado continua y mecánicamente a la unión que se está soldando, abrigando al arco, al metal fundido y al metal base durante la operación, evita la contaminación, ayuda a controlar el proceso de enfriamiento, proporciona desoxidantes y limpiadores de impurezas, mejorando la calidad del metal fundido cuando éste va tomando forma.

La estructura mecánica y eléctrica es esencial. La tensión del arco después de pasar por dispositivos adecuados regula el avance del electrodo.

La alta producción de metal soldado exige grandes intensidades eléctricas. Se efectúa la soldadura con corriente cuya tensión se acomoda a las condiciones de trabajo, pasando por un transformador o varios si la potencia es grande.

Al soldar costuras longitudinales, el automático se mueve sobre una plataforma o directamente sobre la pieza, por ejemplo al soldar planchas y elementos de apoyo en las construcciones, siendo regulable la velocidad de avance.

Para soldar costuras circulares, la cabeza permanece inmóvil y se hace girar la pieza, el aporte de polvo de soldar es automático y proviene de un embudo, mediante un sistema de absorción el polvo que no se vuelve escoria es devuelto al embudo, asegurando la óptima utilización de éste, sólo debe cuidarse que no esté contaminado.

La observación de la soldadura en sí no es posible, el arco se vuelve invisible por hallarse debajo de la nube del fúndente. La cantidad de polvo fúndente que se funde es proporcional al peso del alambre fundido y deja sobre el cordón una capa de escoria vítrea, bajo ésta el metal soldado tiene una superficie lisa, casi sin ondulaciones debido a la alta aportación de calor que produce un baño de soldadura grande que solidifica lentamente en contacto con la escoria relativamente fluida .

ELECTRODOS.

En este caso el electrodo es un alambre desnudo (en forma de bobinas y cobrizado para evitar la oxidación), donde las funciones que desempeña el revestimiento químico en electrodos de varilla, son suplidas con un fúndente granular aplicado a la junta donde arroja al arco eléctrico, además la eficiencia del electrodo de varilla depende de la destreza del operario para regular la velocidad de alimentación del electrodo. .

El electrodo proporciona seguridad en el contacto eléctrico, con poca resistencia entre el alambre de soldar y los contactos de cobre que conducen la corriente. El diámetro del alambre depende fundamentalmente de la intensidad de soldadura necesaria y puede situarse entre los 5 y los 10 mm. aproximadamente,

La composición de los alambres para soldadura por arco sumergido depende del material que se suelda, porque los elementos aleados se añaden generalmente al alambre y al fúndente (similar al proceso de arco metálico), las variaciones en la

técnica pueden alterar las relaciones de las cantidades fundidas de plancha, alambre y fúndente, para disminuir las reacciones metal-escoria que puedan traducirse en pérdida de los elementos aleantes hacia la escoria.

ELECTRODOS MÚLTIPLES.

En éste proceso existen variantes que implican el uso de más de un alambre, separados usualmente entre 6 y 12 mm. y conectados a la misma fuente de energía, en tándem (arrastre de dos electrodos) uno detrás de otro hay un aumento de velocidad de soldadura (hasta 50 %) y cuando se usan uno al lado de otro permiten rellenar juntas más anchas.

La continua presión para incrementar la productividad (especialmente naval) donde se presentan grandes trabajos de soldadura, se ha traducido en el desarrollo de sistemas de máquinas múltiples de hasta 10 alambres, teniendo un límite práctico de tres alambres, siendo los más utilizados en astilleros, talleres de recipientes a presión y construcción de tuberías.

FUNDENTES.

Protegen al charco de soldadura de los agentes contaminantes de la atmósfera, contribuyen a la limpieza del metal base, modifican la composición química del metal depositado formando cordones lisos, libres de ondulaciones y sanos, además al enfriarse el fúndente se transforma en una capa protectora y vidriosa (escoria) fácilmente removible. Se fabrican por diferentes métodos y se clasifican según éste, en síntesis las funciones son las siguientes:

- 1.- El fúndente protege el charco de soldadura de la contaminación que proviene de la atmósfera.
- 2.- Conformar y guía al cordón en su formación.
- 3.- Contribuye a la limpieza del metal base.

4.- Modifica la composición química del metal depositado.

5.- Permite el uso de altos amperajes.

6.- Al fundirse y transformarse en escoria protege al metal depositado de un rápido enfriamiento.

Recomendaciones para su uso:

- El fúndente debe mantenerse en lugares completamente exentos de humedad.

- Antes de empezar la soldadura, la superficie a soldar debe estar completamente seca y limpia.

- Normalmente para recuperar el fúndente sobrante se usa un equipo llamado recuperador, que aspira el fúndente y lo lleva al contenedor que lo cuele, reciclandoló.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

La soldadura con arco sumergido (SAW) ocupa una basta área de la industria. Su aplicación está limitada a las posiciones plana-horizontal y horizontal-circunferencial, obtendremos soldaduras que cumplan con los requisitos de calidad impuestos siguiendo los siguientes parámetros:

AMPERAJE.- Es el parámetro que tiene mayor influencia en el proceso SAW, porque alimenta la velocidad del alambre a la medida de u fusión y permite regular la penetración del depósito según la intensidad aplicada, el uso de bajo amperaje produce falta de penetración e incompleta fusión y el exceso provoca mucha penetración, con excesivo refuerzo y en consecuencia la deformación de la pieza soldada.

VOLTAJE.- La tensión de soldadura con arco sumergido es la variación de la longitud del arco entre el alambre electrodo y el metal de soldadura en fusión, determina la forma del cordón, su sección transversal y apariencia externa, con un voltaje adecuado, un constante amperaje y correcta velocidad de soldadura se obtiene:

- Un cordón liso, extendido y sin socavaciones.
- Un consumo de fúndente normal.
- Una reducción de la porosidad.
- Captación de los elementos aleantes presentes en el fúndente por el metal de aporte.

VELOCIDAD DE AVANCE.- La velocidad de avance es el ajuste del ancho del cordón y límite de penetración.

Cuando existe variación en la aplicación, de un pase, de doble pase, etc..., existe también variación en los parámetros operacionales.

Amperaje, Voltaje y Diámetro del alambre, están relacionados con la velocidad de avance (ver fig. 3.41).

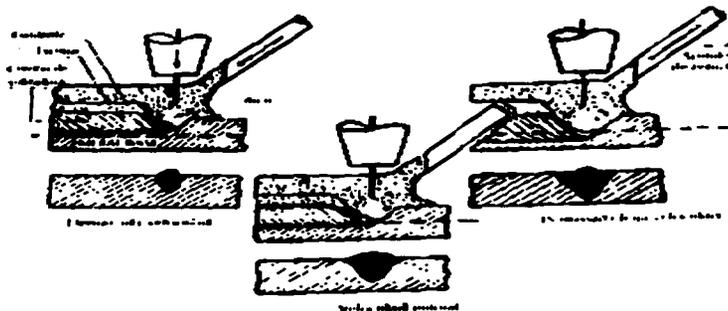


FIG. 3.41 EFECTOS DE LA VELOCIDAD EN EL CORDÓN.

DIÁMETRO DEL ALAMBRE.- Un diámetro correcto del alambre permite junto con el fúndente, amperaje y velocidad adecuados, la profunda penetración del cordón de soldadura en la junta y condiciona la cantidad del metal de depósito en ésta (dependiendo del tipo y espesor de la junta).

A mayor diámetro del alambre mayor amperaje y a menor diámetro menor amperaje, pudiendo ser alambre sólido o tubular dependiendo de la aplicación, todos los factores correspondientes a los parámetros están gradualmente relacionados entre sí.

3.9 PROCESO PLASMA (PAW).

Use un arco constreñido entre un electrodo no consumible y el charco de soldeo (arco transferido) o entre el electrodo y la boquilla constrictora (arco no transferido), utilice protección de gas ionizado que sale del soplete que puede complementarse por una fuente auxiliar de gas de protección (ver fig. 3.42).

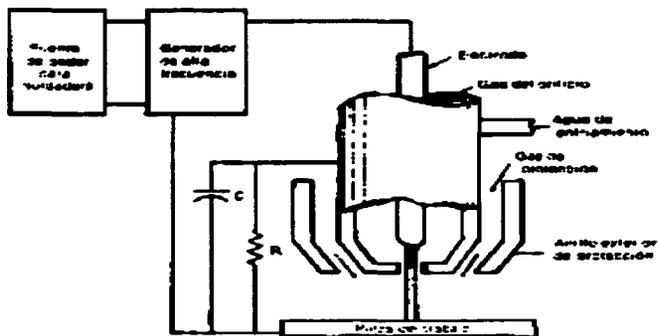


FIG. 3.42 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO ARCO CON PLASMA.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

Se compara con el proceso GTAW debido a múltiples similitudes (ver fig. 3.43), el arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo se constriñe o reduce en su área transversal, aumenta su temperatura porque utiliza la misma cantidad de corriente, a éste se le denomina plasma y se dice algunas veces que es el cuarto estado de la materia.

El plasma generado y los gases ionizados calentados que se impulsan a través del orificio de la boquilla, adquieren la forma de una columna rígida, cuyos lados son bastante paralelos de modo que no se enciende hacia afuera (como el arco de tungsteno con gas), siendo un arco rígido y de alta temperatura, dirigido hacia el trabajo funde la superficie del metal base y el metal de aporte que habrá de añadirse para efectuar la soldadura.

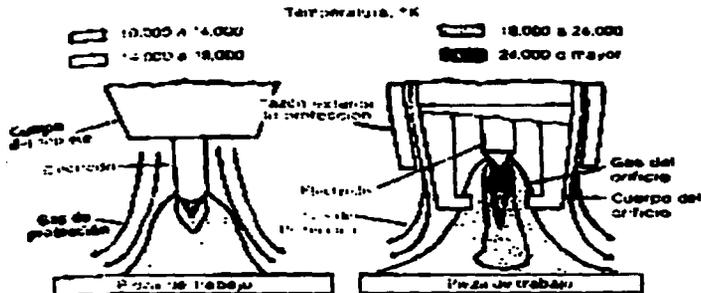


FIG. 3.43 COMPARACIÓN DE UN ARCO (TIG) Y EL ARCO DEL PROCESO PLASMA.

La modalidad de operación de arco no transferido, significa que el flujo de corriente va desde el electrodo (interior del soplete) hasta la boquilla que contiene

el orificio y regresa al suministro de potencia, utilizada para el rocío de plasma o para generar calor en los no metales.

La modalidad de operación de arco transferido, significa que el flujo de corriente se transfiere desde el electrodo (interior del soplete) pasando a través del orificio y llega hasta la pieza de trabajo regresando al suministro de potencia, utilizada para soldar, excepto en el caso de aplicaciones de corriente muy bajas.

El plasma actúa como una fuente de calor de temperatura extremadamente alta para formar un charco fundido tal como el arco de tungsteno con gas, haciendo que esto suceda con más rapidez.

VENTAJAS Y USOS PRINCIPALES.

El plasma tiene una concentración de energía alta (más que el proceso GTAW), en un área transversal restringida y a cause de su velocidad de expulsión crea un contenido calorífico alto, siendo una columna rígida no se enciende como el arco de tungsteno con gas, proporcionando las ventajas siguientes:

1.- La distancia del soplete al trabajo es menos crítica que la del GTAW por la forma columnar del plasma, dando más libertad al soldador para observar y controlar el trabajo.

2.- Proporciona una soldadura de una sola pasada por su temperatura elevada y alta concentración de calor, generando soldaduras de forma más deseable, teniendo lados más paralelos y reduciendo la distorsión angular, afectando áreas más pequeñas que el proceso GTAW.

3.- Permite velocidades mayores por la alta concentración de calor y el chorro de plasma, es más estable y no se desvía tan fácilmente hacia el punto más cercano del metal base, con capacidad de penetración más profunda produce un soldado más estrecho, por tanto la razón profundidad/amplitud es más ventajosa, es posible tener una mayor variación en la alineación de las uniones que en el proceso GTAW.

El arco de plasma se aplica principalmente en la manufactura de tubería, generando tasas de producción elevadas por su mayor velocidad de desplazamiento.

También se utiliza para hacer pequeños soldados de instrumentos y pequeños componentes elaborados con un metal delgado. Así como para soldados de pasadas de raíz en uniones de tubos y también para hacer uniones de sobrecabeza de tuberías de pared delgada. Realiza trabajos similares a los de soldadura por haz de rayos electrónicos, al aire libre con un costo de equipo mucho más bajo.

El arco de plasma es un proceso normalmente manual, utilizándose también en aplicaciones automáticas, siendo aplicable en todas las posiciones de soldadura, capaz de unir prácticamente todos los metales comercialmente disponibles y todos los metales soldables por el proceso GTAW, dependiendo únicamente del diseño de la unión el espesor del metal a ser soldado.

EQUIPO REQUERIDO.

Fuente de poder.- Debe tener características de disminución de corriente constante para el suministro de la corriente de soldadura C.D., debe tener un voltaje de circuito abierto de 80 V. y un ciclo de trabajo del 60 %, para metales muy delgados debe tener un amperaje mínimo de 1 A. y un máximo de 500 A. es adecuado para la mayoría de las aplicaciones de soldadura de plasma. Se puede usar una fuente de poder C.A./C.D.

El soplete.- Tiene una apariencia similar al soplete de arco de tungsteno con gas, pero es más complejo, se enfría con agua (hasta el de rango de corriente más bajo), porque el arco está contenido en el interior de una cámara del soplete, donde genera calor, utiliza un electrodo de tungsteno con un 2 % de torio, siendo casi imposible contaminarlo con el metal base, el soplete esta diseñado para conectarse a la consola de control en vez de a la fuente de poder.

Circuito de control.- La consola de control incluye una fuente de poder para el arco piloto, sistemas de tiempo de demora para hacer una transferencia desde el

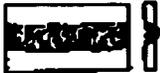
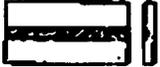
arco piloto hasta el arco transferido y las válvulas de agua y de gas, así como medidores de flujo separados para el gas de plasma y para el gas de protección.

La consola se conecta a la fuente de poder y puede operar al conector, también contiene la unidad de encendido de arco de alta frecuencia (utilizada para iniciar el arco piloto), un circuito de protección del soplete (incluye interruptores de agua y de presión de gas de plasma sincronizados con el conector) y un amperímetro. Se puede usar un alimentador de alambre.

Materiales usados.- Normalmente se usa metal de aporte excepto cuando se suelda el metal delgado. La composición del metal de aporte debe acoplarse a la del metal base, dependiendo el tamaño de la varilla del espesor del metal base que se éste soldando y de la corriente de soldadura, añadiéndole éste al depósito en forma manual.

CALIDAD.

La calidad de las soldaduras por arco de plasma es extremadamente alta y por lo general mayor que los trabajo por el proceso GTAW, porque tiene pocas posibilidades o casi ninguna de filtración de tungsteno, siendo la habilidad del operador fundamental con respecto a la calidad de los trabajos (ver fig. 3.44).

	<p>Reborde hundido. Base adelgazada. Demasiada penetración. Corriente de soldadura demasiada alta o la Velocidad de desplazamiento es demasiado baja.</p>
	<p>Reborde demasiado pequeño. Poca penetración e irregular. Corriente de soldadura baja o Flujo de gas demasiado bajo. Desplazamiento demasiado rápido.</p>

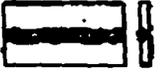
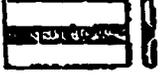
	<p>Base adelgazada y Bordes irregulares. Flujo de gas de plasma demasiado alto.</p>
	<p>Reborde del tamaño adecuado. Ondulado uniforme. Buena penetración. Corriente correcta. Movimiento uniforme del soplete. Voltaje de arco adecuado. Flujo de gas de plasma adecuado</p>

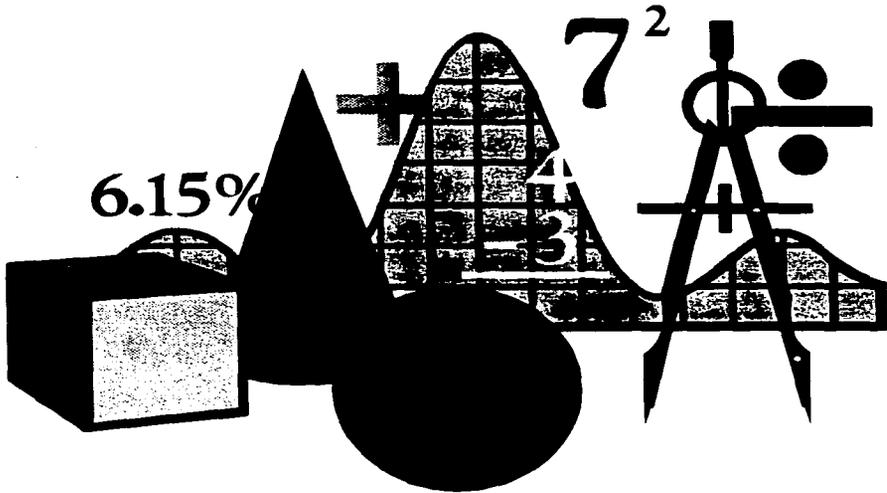
FIG. 3.44 CAUSA DE VARIACIÓN EN LOS CORDONES DE SOLDADURA.

CORTE DE ARCO PLASMA.

El corte de arco plasma usa el mayor calor del arco plasma (15 000 grados C.) para cortar cualquier metal ferroso o no ferroso, removiendo el material derretido con un jet de alta velocidad o gas ionizado caliente. El proceso usa un golpe de arco estrecho entre un electrodo enfriado por agua y la pieza de trabajo. El orificio que cierra el arco también está enfriado por agua. Entregando una calidad de corte superior a otros tipos de corte térmico.

CAPITULO 4.

DISEÑO EN SOLDADURA.



4.1. INTRODUCCIÓN.

Toda construcción soldada debe satisfacer los requisitos de operación durante su vida útil a un costo mínimo y tener apariencia agradable.

El diseño como construcción soldada desde el principio nos da un potencial de ahorro en soldadura y debe ser un diseño estricto para satisfacer los requisitos funcionales de la pieza.

El diseño a construir debe desempeñar la función requerida con las mínimas cantidades de material y de mano de obra.

Para conseguir la solución más económica es necesaria la aplicación inteligente del ingenio buscando las ventajas en el diseño y tomando en cuenta los siguientes diez puntos:

- 1.- Las necesidades totales de servicio del producto.**
- 2.- Los tipos de cargas y los métodos para calcular con precisión los esfuerzos.**
- 3.- Los esfuerzos de trabajo permisibles.**
- 4.- Las propiedades mecánicas y físicas de los materiales base que se utilizarán.**
- 5.- Las posibilidades de los procesos de soldadura a usarse y las propiedades de los depósitos de soldadura.**
- 6.- Los tipos de unión y de soldadura, su diseño y limitaciones.**
- 7.- Los métodos de fabricación disponibles, las ventajas, los problemas potenciales y los costos.**
- 8.- El costo de la soldadura según los distintos procesos y procedimientos.**
- 9.- Comunicaciones explícitas de los diseños de soldadura, incluyendo el uso de símbolos de soldadura.**

10.- Las especificaciones de calidad y las técnicas de inspección.

Podemos considerar que la construcción de uniones soldadas otorga muchas ventajas en comparación con otros diseños conceptuales:

- A) Generalmente la construcción soldada es más ligera que las estructuras vaciadas o que se sujetan mecánicamente (atornilladas, remachadas, etc..), por lo tanto requieren menos material.**
- B) El diseño de la unión soldada se puede modificar fácil y económicamente para satisfacer requisitos cambiantes del producto.**
- C) El tiempo de producción para una construcción soldada generalmente es menor que el de otros métodos de manufactura, siendo benéfico debido al ahorro de costos ocultos.**
- D) La construcción soldada es más exacta con respecto a tolerancias dimensionales que una pieza vaciada.**
- E) Las construcciones soldadas de acero se maquinan más fácilmente que las piezas vaciadas.**
- F) Las construcciones soldadas son herméticas y a prueba de fugas, no se escurren o caen como las estructuras remachadas.**
- G) La inversión de capital para producir construcciones soldadas es mucho menor que para producir piezas vaciadas y el control ambiental se adapta más fácilmente en el taller de soldadura que en la fundición.**
- H) Las construcciones soldadas pueden lograr un mejor aspecto que las piezas fundidas, son más limpias en sus líneas y generalmente más lisas, además se preparan más fácilmente para su uso final.**

l) Normalmente la construcción soldada es menos cara que la estructura vaciada o armada mecánicamente.

Cuando en alguno de los puntos anteriores sucede lo contrario, es indicio de que el diseño de esa construcción soldada puede ser menos que el óptimo o que están implicados algunos factores o circunstancias.

El éxito o fracaso de una construcción soldada depende del diseñador, ya que es el responsable del diseño de ésta y debe tener una idea precisa de los requisitos del servicio, así como la vida útil esperada del producto.

Además debe conocer las propiedades de los materiales implicados, de como se deben tratar y manejar para fabricar y soldar.

Dentro de las responsabilidades del diseñador, está el conocer las especificaciones, códigos o reglamentos de diseño, específicamente con respecto a los esfuerzos de trabajo, tamaños mínimos de soldadura, etc.

Aún con códigos y especificaciones debe considerar las interrelaciones de los materiales y métodos de manufactura.

4.2. FACTORES DE DISEÑO.

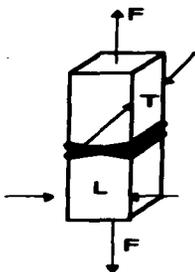
En la estructura que se diseña, el análisis de esfuerzos debe comprender las cargas estáticas, las cargas dinámicas, el impacto y la fatiga que se pueden presentar.

Además la estructura debe de soportar su propio peso, las cargas muertas, las cargas superpuestas, las fuerzas producidas por todas las condiciones de servicio

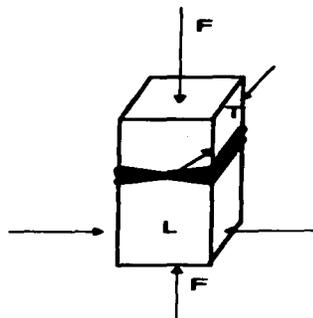
Así como todas las cargas vivas, también la transmisión de cargas debidas a esfuerzos térmicos y otras semejantes. También se deben considerar las fuerzas externas (centrífugas, de aceleración, de fricción, etc.) que puedan causar esfuerzos internos, al actuar sobre la construcción soldada.

En el diseño de una construcción soldada es necesario establecer el esquema de la parte o estructura propuesta, para determinar todas las cargas diferentes y las condiciones del ambiente que se le impondrán. Debe diseñarse para resistir estas fuerzas impuestas, ello depende de las propiedades mecánicas y físicas del metal con el que se hace la construcción soldada, los tipos básicos de cargas sobre una construcción soldada son los siguientes (ver fig. 4.1):

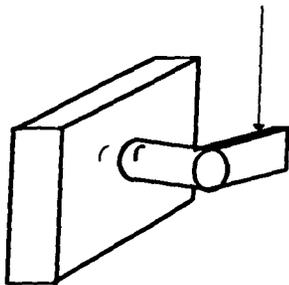
- Cargas de tensión.



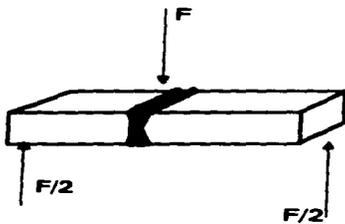
- Cargas de compresión.



- Cargas de torsión.



- Cargas de flexión.



- Cargas de cizallamiento
(Esfuerzo cortante).

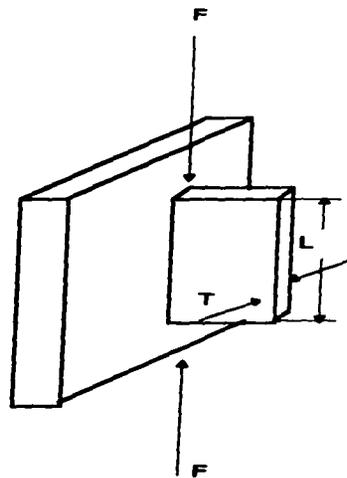


FIG. 4.1 TIPOS DE CARGAS.

4.3. REGLAS DE DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS.

Como guía se deben consultar especificaciones o códigos que amparen productos semejantes a los que se diseñen. Para ejecutar trabajos en acero suave y de baja aleación, aún cuando se apliquen códigos o especificaciones hay que tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- Resistencia al diseño, la unión debe diseñarse o seleccionarse para cumplir con los requisitos de resistencia de la aplicación que se persigue, tomando en cuenta la concentración de esfuerzos debido a cambios abruptos en la sección transversal, especialmente cuando existan cargas de impacto, de fatiga o cuando el trabajo esté a baja temperatura.
- 2.- Utilizar las uniones estandarizadas, han sido diseñadas para emplear la mínima cantidad de metal de soldadura, se debe utilizar esta base para el diseño de uniones no estandarizadas.
- 3.- Utilizar las uniones de penetración completa, dan los mejores resultados con todo tipo de cargas. Para soldaduras en ambos lados, se debe indicar en la cola del símbolo de soldadura que el lado posterior de la unión se debe esmerilar hasta llegar al metal limpio antes de depositar el segundo cordón. Las uniones de bisel soldadas de un lado con la abertura especificada de raíz, se deben soldar por penetración completa, aún cuando no se especifique.
- 4.- El tiempo de preparación de los lados en la unión debe ser mínimo con respecto al tiempo de soldadura necesario para llenar la unión. Generalmente es más barato biselar y soldar placas delgadas desde un solo lado y para las placas gruesas se requiere menos tiempo al biselar y soldar en ambos lados.
- 5.- Preparación del bisel en J y en U, sólo en partes que se preparen fácilmente por maquinado, porque éste es más caro que el corte con soplete.

8.- Reducir el exceso de soldadura, porque origina distorsión adicional y aumenta los costos de soldadura. Las uniones diseñadas para tener una eficacia del 100 % pueden estar sujetas a todo tipo de cargas, sin embargo cuando la rigidez sea el principal requisito se pueden usar satisfactoriamente uniones con una eficacia tan reducida como del 50 %.

7.- Tamaño del chaflán, en uniones en T el chaflán puede ajustarse a los siguientes parámetros (ver fig. 4.2):

Espesor de la placa en plg.	Tamaño mínimo del chaflán en plg.
Hasta 1/4	1/8
De 3/8 hasta 3/4	1/4
De 7/8 hasta 1 1/4	1/2
De 1 3/8 hasta 2	1/2
Desde 2 1/4 hasta 4	3/4

FIG. 4.2 TABLA TAMAÑO DE CHAFLÁN

8.- Soldadura intermitente de chaflán, se usan para resistir cuando los tamaños mínimos antes mencionados sean demasiado grandes para soldaduras continuas. Las excepciones a esto son las razones metalúrgicas o de combado y cuando en partes estructurales la rigidez sea el objetivo principal.

9.- Longitud de las soldaduras intermitentes de chaflán, en materiales con espesor de ¼ o mayor, la longitud mínima debe ser de 8 veces su tamaño nominal y no menores de 5 cm., la longitud máxima debe ser de 16 veces su tamaño nominal y no mayor de 15 cm.

10.- Paso de las soldaduras intermitentes de chaflán, en materiales de ¼ o más gruesos, la dimensión máxima centro a centro debe ser de 32 por el espesor de la placa más delgada y el claro entre los chaflanes no deberá ser mayor de 30 cm.

- 11.- Reducción de soldaduras, siempre que sea posible, elimínese una unión soldada haciendo dobleces sencillos.
- 12.- Uniones a tope, si son de espesores desiguales gradúese la transición, eliminando metal en lugar de agregar metal de soldadura.
- 13.- Uniones de esquina, cuando se usen biseles, siempre que sea posible prepárese el miembro más delgado.
- 14.- Soldadura de tapón y de ranura, éstas y las soldaduras de bisel en agujeros o ranuras, no se deben usar en miembros que hagan bastante esfuerzo, a menos que sea absolutamente necesario. Se deben usar cuando estén sujetas principalmente al corte o cuando se necesiten para evitar el pandeo de las partes traslapadas.
- 15.- Preparación del bisel para soldadura, siempre que sea posible por lo menos uno de los dos miembros de la unión debe prepararse.
- 16.- Posición para soldar, se debe diseñar de modo que la posición en la que se ejecuten las soldaduras tengan el siguiente orden de preferencia:
 - a) Soldaduras de chaflán, en posiciones planas, chaflán horizontal, vertical y sobrecabeza.
 - b) Soldaduras de bisel, planas, vertical, horizontal y sobrecabeza.
- 17.- Soldaduras en lugares cerrados, deben tener suficientes aberturas para acceso de aire y para ventilación del soldador.
- 18.- Accesibilidad, las uniones deben estar situadas de modo que el soldador tenga espacio suficiente para soldar, esmerilar, martillar y limpiar la escoria. No debe haber obstrucciones que eviten que el soldador vea la raíz de la unión.
- 19.- Símbolos de soldadura, las uniones soldadas deben especificarse mediante símbolos de soldadura estandarizados en todos los dibujos y referirse a vistas que muestren el mayor detalle de la unión, que normalmente es la vista de perfil.

4.4. SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.

La American Welding Society (AWS) establece un sistema de símbolos de soldadura, para identificar la localización de las soldaduras y transmitir esta información en los planos de ingeniería, desde el diseñador hasta el taller de soldadura, los fabricantes y los usuarios utilizan cada vez más los símbolos de soldadura establecidos por la AWS en USA.

El objetivo de los símbolos de soldadura es describir la soldadura deseada en una construcción soldada, completamente y con exactitud, además transmite información adicional (especificaciones y procedimientos) en la cola de la flecha estándar, también se pueden combinar con símbolos de pruebas no destructivas.

Pueden o no usarse totalmente en cada uno de los casos, los siguientes elementos de que consiste el símbolo de soldadura:

- 1.- Línea de referencia.**
- 2.- Flecha.**
- 3.- Símbolo básico de soldadura.**
- 4.- Dimensiones y otros datos.**
- 5.- Símbolo suplementario.**
- 6.- Símbolo de acabado.**
- 7.- Cola.**
- 8.- Especificación, proceso o referencia.**

La combinación del primer elemento con el segundo, el tercero o el séptimo debe usarse para obtener un símbolo de soldadura inteligible, los demás pueden usarse o no, de acuerdo con la información que necesite transmitirse o la práctica estándar de la organización que los use (ver fig. 4.3).

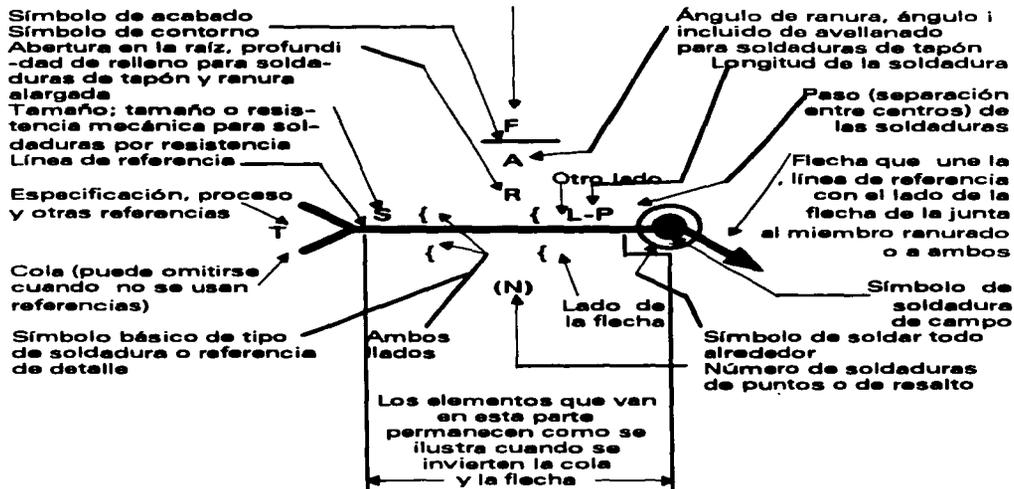


FIG. 4.3 SÍMBOLO COMPLETO DE SOLDADURA^{REF.}

La línea de referencia es la base para construir un símbolo de soldadura, siempre se muestra en posición horizontal y debe dibujarse cerca de la unión soldada que va a identificarse. Las otras partes del símbolo se colocan en su lugar adecuado con respecto a la línea de referencia y de acuerdo con la localización estándar.

Los elementos que describen la soldadura básica, las dimensiones y otros datos, los suplementos y el símbolo del acabado siempre se localizan con la misma relación a la línea de referencia, sin importar cual extremo de ésta lleva la flecha.

^{REF.} Figura tomada de pag. 28, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz, P.E.

Para uniones que necesitan de la preparación de uno de sus miembros, la flecha sólo debe apuntar con un quiebre definido al miembro de la unión que debe prepararse.

El otro extremo de la línea de referencia lleva la cola de la flecha, usada para dar referencias a las especificaciones, procesos u otra información específica.

La parte más importante del símbolo de soldadura es la parte que indica la soldadura deseada, para lo cual se emplean los símbolos básicos (ver fig. 4.4 y fig. 4.5).

Filete	Tapón ○ Ranura alargada	Puntos ○ Resalto	Costura	De Respaldo	De Recubri- miento Superfi- cial
					

FIG. 4.4 SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA. ^{REF.}

DE RANURA						DE BRIDA		
Escua- dra	V	Bisela- da	U	J	Acam- panada V	De Bi- sel y acam- panada	De Orilla	De Esqui- na
								

FIG. 4.5 CONT. SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA.

^{REF.} Figura tomada de pag. 43, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz, P.E.

Si el símbolo básico de soldadura se coloca por debajo de la línea de referencia, dicho símbolo debe definir la soldadura del lado de la flecha de la unión o sea el miembro del lado de la flecha de la unión. Si el símbolo de soldadura se coloca sobre la línea de referencia, debe definir la soldadura ejecutada en el otro lado o sea el miembro del otro lado de la unión (ver fig. 4.6). Se puede usar más de un símbolo básico para especificar una unión soldada.

Símbolo de soldadura de Bisel Y Acampanada, lado de la flecha	Soldadura deseada	Símbolo de soldadura de Bisel y Acampanada, el otro lado de la flecha
		

FIG. 4.6 EJEMPLO DE LOCALIZACIÓN Y SIGNIFICADO DE LA FLECHA.

El siguiente elemento del símbolo de soldadura consiste de los símbolos suplementarios, empleándose conjuntamente con los símbolos de soldadura y tienen una ubicación específica (ver fig. 4.7).

Soldar todo alrededor	
Soldadura de campo	

Fusión a través	
Inserto consumible cuadrado	
Respaldo o espaciador (rectángulo)	
Contorno plano o a paño	
Contorno convexo	
Contorno cóncavo	

FIG. 4.7 SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS.

Posiciones para soldar.- La soldadura se debe ejecutar en la posición en la que se ha de usar la parte (en techos, esquinas o piso), cuando ésta es grande o ya no se deba mover después de soldarla.

Se deben describir y definir estas distintas posiciones para soldar. La AWS define cuatro posiciones básicas para soldar (ver fig. 4.8).

Placas y Eje de la soldadura Horizontal



- **Posición Plana:** Posición que se usa para soldar desde el lado superior de la unión; la cara de la soldadura es aproximadamente horizontal.

Placas Verticales y Eje de la soldadura Horizontal



- **Posición Horizontal:** Posición en la que se suelda sobre la cara superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie más o menos vertical. Para soldadura de tubo, el eje de la soldadura queda en un plano aproximadamente horizontal y la cara de la soldadura queda en un plano más o menos vertical.

Placas y Eje de la soldadura Horizontal

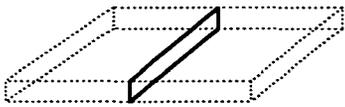
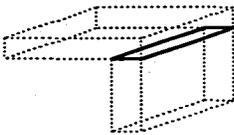


- **Posición Sobrecabeza:** Posición en la cual la soldadura se ejecuta desde el lado inferior de la unión.

<p style="text-align: center;">Placas Verticales y Eje de la soldadura Vertical</p>  <p style="text-align: center;">EJE DE LA SOLDADURA VERTICAL</p>	<p>- Posición Vertical: Posición de soldar en la que el eje de la soldadura es aproximadamente vertical.</p>
--	---

FIG. 4.8 POSICIONES DE SOLDADURA.

Uniones.- A las uniones también se les llama juntas y se definen como la unión de miembros o de orillas de miembros que se han de juntar o que se han unido, pudiendo ser de placa rolada, lámina, forma estructural, tubo, fundiciones, forjas o lingotes.

	<p>- Uniones a tope: Unión entre dos miembros alineados en el mismo plano.</p>
	<p>- Unión en esquina o ángulo: Unión entre dos miembros localizados aproximadamente en ángulo recto entre sí.</p>

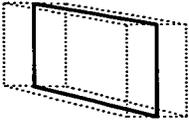
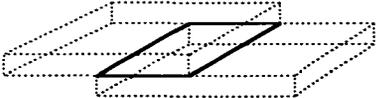
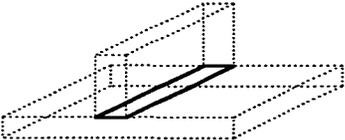
	<p>- Unión de orilla o de canto: Unión entre las orillas de dos o más miembros paralelos o casi paralelos.</p>
	<p>- Unión de traslape o solape: Unión entre dos miembros que se traslapan en planos paralelos.</p>
	<p>- Unión en T: Unión entre dos miembros localizados en ángulo recto aproximadamente, entre sí en la forma de una T.</p>

FIG. 4.9 TIPOS DE UNIONES.

La colocación de estos miembros es lo que define las uniones, existen 5 tipos básicos de uniones que se utilizan para juntar dos miembros entre sí para soldarlos. A continuación se presentan los diseños de estos tipos de uniones (ver fig. 4.9).

Tipos de soldadura.- Existe cierta cantidad de soldaduras distintas, y algunas de éstas tienen muchas variantes, además de que se pueden combinar. Algunas de éstas como la soldadura de filete y la soldadura de bisel se usan en construcciones soldadas de placa. Los distintos tipos de soldadura son:

- Soldadura de filete
- Soldadura de bisel varios tipos (a tope).
- Soldadura de respaldo.
- Soldadura de tapón.
- Soldadura de proyección o de punto.
- Soldadura de costura.
- Soldadura de fusión completa.
- Soldadura de brida.
- Soldadura de perno.
- Soldadura de revestimiento o superficial.

Dentro de los tipos básicos de soldaduras existen dos tipos altamente empleados, los cuales se describen a continuación.

Soldadura de filete o chaflán.- Es el tipo de soldadura más utilizado y se le llama así debido a la forma de su sección transversal. Se considera sobre la unión y se define como, una soldadura de sección transversal aproximadamente

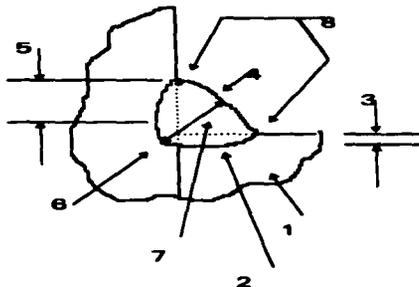
triangular. Que une a dos superficies en ángulo aproximadamente recto entre sí (ver fig. 4.10).

1) Metal base:
metal que se va a soldar

2) Línea de unión:
el empalme del metal de soldadura y el metal base

3) Profundidad de fusión:
distancia que alcanza la fusión en el metal base

4) Cara de la soldadura:
superficie expuesta de una soldadura en el lado desde el cual se soldó



5) Lado de una soldadura de chaflán: distancia desde la raíz de la unión hasta el borde de la soldadura de chaflán

6) Raíz de una soldadura: punto o puntos, en una sección transversal en el cual el fondo de la soldadura intercepta superficie o superficies del metal base

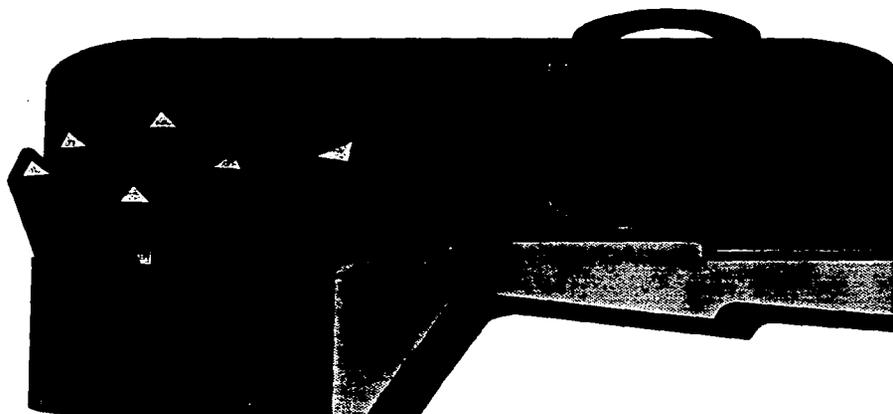
7) Garganta de una soldadura de chaflán: distancia más corta desde la raíz de la soldadura de chaflán hasta su cara

8) Orilla de una soldadura: empalme entre la cara de una soldadura y el metal base

FIG. 4.10 SOLDADURA DE CHAFLÁN.

CAPITULO 5.

LA GESTIÓN DENTRO DEL ÁREA.



5.1. LA GESTIÓN Y LA SUPERVISIÓN.

Las nuevas dimensiones de las empresas unidas a su desarrollo sobre una base geográfica cada vez más amplia y la diversificación creciente de sus actividades, conducen a una separación más clara de las funciones que corresponden a la Alta Dirección de las que corresponden a las Direcciones Ejecutivas.

Una empresa debe entenderse como un sistema social abierto, que será tanto más eficaz en cuanto sepa adaptarse mejor a su medio ambiente^{••REF.}.

La empresa como sistema total tiene su explicación en la *pirámide de gestión* (ver fig. 5.1), que está compuesta de una serie de capas o estratos ascendentes, que representan los diferentes niveles de *management*^{•REF.}.

Conceptualmente podemos resumir la esencia del sistema de gestión, opera bajo un enfoque de selección y cuantificación de los factores o áreas críticas, implicando un esfuerzo de concreción y adecuación de los indicadores más precisos a cada posición.

Y conscientes, pues, de la íntima vinculación de la planificación, el control y la información (sistemas constitutivos del sistema de gestión de la empresa).

Podemos entender a la Gestión, como el conjunto de reglas, procedimientos y medios capaces de guiar la empresa hacia los objetivos establecidos. Consiste en un proceso mediante el cual los directivos se aseguran de la obtención de recursos y del empleo eficaz y eficiente de los mismos en el cumplimiento de los objetivos de la empresa, finalmente en la realización de cosas por un grupo de hombres, con objeto de obtener ciertos resultados, de la manera más eficaz y económica posible.

••REF. Definición tomada de pag. 17. El Control Integrado de Gestión, Francisco Blanco Illescas

•REF. Estilo de dirección empresarial nacido en las universidades y empresas de los E.E.U.U.

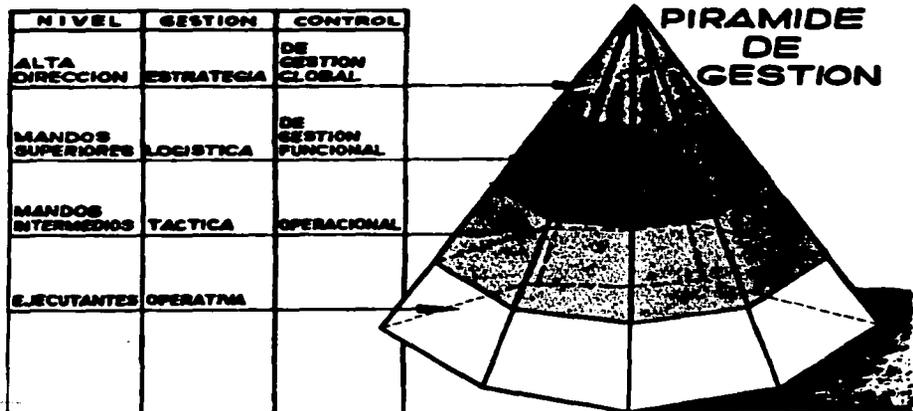


FIG. 5.1 PIRÁMIDE DE GESTIÓN.^{4REF.}

Donde se trata siempre de escoger las acciones en función del resultado que se espera obtener y de los medios de que se dispone, en otros términos, asegurar la explotación óptima de recursos.

Así como las acciones se deciden a la vista de los objetivos a alcanzar, éstos a su vez, vienen determinados por las necesidades a satisfacer.

Para determinar las necesidades, debe fluir la información concreta y pertinente, a través de la pirámide de gestión.

Donde cada nivel supone un tipo de decisiones diferentes, la base de la pirámide está constituida por el nivel de ejecutantes y su Gestión es puramente operativa.

^{4REF.} Figura tomada de pag. 4, El Control Integrado de Gestión, Francisco Blanco Illescas.

A medida que se asciende, pasamos por los niveles de mandos intermedios que realizan una Gestión Táctica con un Control Operacional, mientras que los mandos superiores realizan una Gestión Logística ejerciendo un control funcional. Finalmente el nivel superior de Alta Dirección, que realiza una Gestión Estratégica llevando un Control Global.

El funcionamiento de la pirámide se basa en tres elementos básicos: la determinación de objetivos, la realización de éstos y el control. Partiendo de una recogida de información, para su análisis y cristalización en un plan y unas decisiones, determinando los objetivos.

Para realizar los objetivos, se debe establecer la organización de los medios, una adecuada comunicación de metas, la motivación de los hombres y saber dirigirlos. Finalmente con la medida y evaluación de los resultados podemos replantear las acciones hacia dichos objetivos, o bien revisarlos, reiniciando de esta manera el proceso de gestión.

Esta rueda de la gestión es impulsada por dos actividades: la formación del personal, como permanente renovación y puesta al día del capital humano de la empresa y por otra parte una actitud innovadora, que implique la búsqueda sistemática de soluciones más eficaces, es pues un proceso que, desarrollándose dentro de las directrices establecidas por la planificación estratégica, hace llamada permanente a la iniciativa y a la mejora, más que a la conformidad estricta con las previsiones.

En esta filosofía hay tres ideas claves:

- 1.- El proceso implica a todas aquellas personas que obtienen recursos a través del trabajo de otros.
- 2.- El proceso se desarrolla dentro del contexto de los objetivos y políticas definidos por la planificación estratégica.
- 3.- Los criterios relevantes para enjuiciar los resultados y las acciones a tomar son la eficacia y la eficiencia.

El Supervisor, por su función y responsabilidad, se encuentra al nivel de los mandos intermedios, punto clave en la organización, ya que enlaza los niveles

superiores con los ejecutantes, es un elemento táctico y ejecutante con responsabilidades y toma de decisiones a nivel operativo.

En los estratos inferiores, el rango de decisiones es muy limitado y se refiere a materias operativas; las decisiones son en su mayoría, sobre *problemas calientes*, en realidad se ejecuta, haciendo gestión operativa.

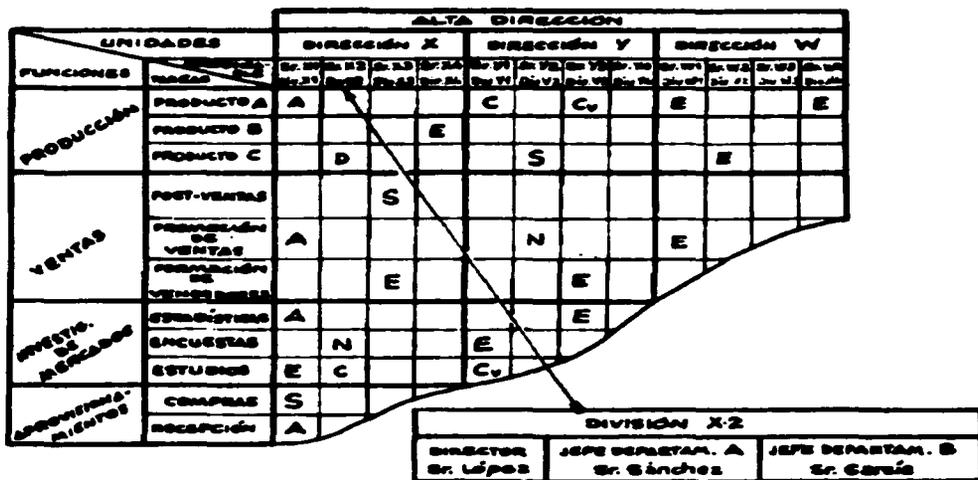


FIG. 5.2 EJEMPLO DE DIAGRAMA DECISIONAL.^{4REF.}

Al ascender, las decisiones se complican; ya no se ejecuta, sino que se manda hacer, existe pues, una cadena de eslabones de decisión que se apoya en el sistema de información de la empresa, con informaciones concretas (materia prima de la gestión), porque a partir de éstas se elaboran las decisiones.

^{4REF.} Figura tomada de pag. 14, El Control Integrado de Gestión, Francisco Blanco Illescas.

El diagrama decisional, enlace entre los organigramas y definiciones de puestos por una parte y los procedimientos por otra, se concentra precisamente sobre las responsabilidades y las interacciones de los componentes de cada organización, haciendo visibles los *hilos conductores* de las decisiones, aumentando la eficacia de éstas (ver fig. 5.2)..

La utilidad del diagrama decisional se deriva de considerar la organización como un todo más que como un conjunto de elementos separados.

La lectura del diagrama decisional siguiendo las columnas, explica el papel que juega cada responsable en el seno de la organización y puede ser traducida en la definición de los puestos de trabajo. Siguiendo cada línea relativa a una tarea se tiene el hilo conductor que permite establecer rápidamente procedimientos detallados y circuitos apropiados, que son base para el sistema de información y el establecimiento de un control apropiado.

5.1.1. NECESIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL BUEN SUPERVISOR.

Al supervisor se le denomina como un empleado de confianza, por las responsabilidades (seguridad e higiene, nivel de producción asignado), materia prima (insumos), equipo humano, instalaciones, implementos y equipo de trabajo, etc., que le son asignados.

Todo este material queda bajo su tutela y cuidado, es decir, se confían al supervisor, por tanto se depositan en él, en la confianza de que sabrá hacer buen uso de todo aquello que se le ha entregado bajo su cuidado y responsabilidad.

Para el supervisor, básicamente su objetivo y toma de conciencia debe ser aumentar la productividad e incrementar la eficacia en el trabajo, pero sin sacrificar el bienestar del individuo, tratando por el contrario de integrar al trabajador a la empresa.

Todo ello obliga al supervisor a obtener niveles mayores de preparación que se encuentren por encima de los problemas que se le presentan.

RECONOCIMIENTO QUE SE LE DEBE DAR A LA SUPERVISIÓN.

El papel de la supervisión es de índole táctico y ejecutante, con responsabilidades y toma de decisiones a nivel operativo. En este reconocimiento es importante considerar tres puntos:

- 1.- Los supervisores son parte del equipo de administración y se les debe tratar como tales, con todos sus derechos y privilegios, dándoles oportunidad de expresar sus opiniones cuando están en desacuerdo con las decisiones de niveles superiores.
- 2.- Los niveles superiores deben reconocer que hay ocasiones en que deben cambiar sus opiniones, total o parcialmente, para satisfacer las necesidades de empleados y supervisores. De lo contrario la cooperación comienza a deteriorarse en los niveles inferiores, comunicándose a los demás niveles.
- 3.- Al reconocer los niveles superiores los desafíos y exigencias que se presentan a los supervisores, debe proporcionárseles capacitación dentro y fuera del trabajo y asesoría como parte de su desarrollo, para mantener relaciones y actitudes favorables de trabajo que aumenten la productividad.

PRINCIPALES FUNCIONES DEL SUPERVISOR.

Por lo general, cuando se trata de una pequeña empresa, la función del supervisor aparece como una función integral; sin embargo, cuando se trata de organizaciones mayores, las responsabilidades del supervisor son mayores, debido a una mayor interrelación que en la pequeña empresa. Tenemos como las principales funciones:

- a) **De capacitación:** es el elemento dirigente y conductor del grupo de trabajo por su preparación general y especializada, lo que le permite opinar, coordinar, enseñar, controlar y dar soluciones, creando en el grupo de trabajo un clima de confianza, constituyéndose en un elemento de consulta permanente.
- b) **Técnica,** sus conocimientos le obligan a desempeñar tareas de planificación, de conducción del trabajo; así como vigilar su ejecución, calidad, costos y seguridad e higiene.
- c) **Humana,** las relaciones humanas son básicas para el supervisor, por el contacto directo que mantiene con los trabajadores, permitiendo el aporte racional y mejor colaboración posible de éstos, propiciando un excelente ambiente de trabajo. En caso contrario los resultados son negativos.

CUALIDADES EN EL SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN.

A la vista de las funciones, se pueden deducir ciertas cualidades profesionales y psicológicas comunes en los supervisores de producción eficaces

- **Persuasión,** debe inspirar en primer lugar confianza, a fin de conseguir vencer después. Su capacidad de relación debe ser muy alta (capacidad de comunicación).
- **Habilidad analítica y sintética,** su posición le obliga a coordinar, para lo que obligadamente debe realizar previamente un esfuerzo analítico (capacidad de planificar a muy corto plazo).
- **Conocimiento de la empresa y sector,** ello le permite desenvolverse con tranquilidad, juzgar los medios y los fines del ciclo de producción.
- **Conocimiento de las tareas de su área,** capacidad de control y dominio.
- **Espíritu curioso e inquieto,** es preciso en la búsqueda de lo que no marcha, de encontrar a través de los hechos las causas exactas.

- **Mentalidad económica, sin conocimientos económico-financieros profundos.**
- **Tratamiento de la información, conocimientos de las técnicas de tratamiento de la información.**
- **Técnicas de gestión, capacidad de gestión a niveles medios.**
- **Toma de decisiones, capacidad de tomar decisiones a niveles menores.**
- **Asumir responsabilidades, en función de la delegación que le es otorgada.**
- **Don de Mando.**

ACTITUDES APROPIADAS DE SUPERVISIÓN.

Los supervisores tienen una actitud apropiada si están de acuerdo y practican los siguientes conceptos que se enlistan, para ayudar a identificar que actitudes necesitan ser modificadas:

- **La principal responsabilidad de un supervisor es crear, o facilitar la creación de un clima en el que las personas estén dispuestas a cooperar para lograr los objetivos de la organización y al hacerlo, satisfacer necesidades personales.**

- **Los supervisores deben decidir asuntos controvertidos sobre la base de hechos y circunstancias. Los asuntos que impliquen a los empleados deben decidirse con base en méritos y no con base en simpatías personales con un empleado o grupo específicos.**

- **Los supervisores deben aceptar las decisiones y las directrices de la administración de alto nivel, así como del personal asesor, como expresiones sinceras de lo que debe hacerse para lograr los objetivos de la organización.**

● Deben permanecer en privado los sentimientos personales acerca de las políticas de la organización y acerca de las decisiones de la administración de alto nivel y del personal de asesoría. No se deben discutir abiertamente con los empleados, aún cuando los empleados puedan cuestionar una política de decisión con la que no están personalmente de acuerdo. Los supervisores deben discutir sus desacuerdos en forma privada con la alta administración o con el personal de asesoría. Los supervisores tienen el derecho legítimo de pedir que se revisen decisiones que afectan en forma directa o indirecta a ellos mismos o a los empleados.

● Los supervisores deben ganarse el respeto, la confianza y la apreciación de sus empleados.

● Los supervisores deben dar crédito a los empleados que realizan un buen trabajo. El reconocimiento y las alabanzas, los aumentos y las promociones no deben otorgarse sobre bases subjetivas sino objetivas relacionadas con las responsabilidades del puesto y con el logro de los objetivos de la organización.

● Los supervisores son responsables del desempeño de sus grupos. Por lo tanto, deben aceptar responsabilidad parcial por el fracaso de sus empleados. Se debe considerar responsables a los empleados por lo que hacen y por sus segmentos del trabajo. Sin embargo, la responsabilidad final por los resultados recae en el supervisor. Estos al discutir las equivocaciones de los empleados con los niveles superiores de la administración o con el personal de asesoría, no pueden decir que es culpa de los empleados ni pueden intentar absolverse a sí mismos de las culpas de los errores de los empleados.

● Los supervisores deben ser justos y objetivos al juzgar las acciones de los empleados. La objetividad y la justicia deben ser consideradas a la vista de los sistemas de valores de los supervisores, la administración y los empleados.

● Cuando los empleados necesitan asesoría o acciones disciplinarias, los supervisores deben aceptar la responsabilidad y operar la filosofía de que las acciones correctivas tienen el objetivo de rehabilitar más que

de castigar. El castigo puede ser parte de la terapia de rehabilitación, pero el objetivo básico de cualquier terapia de acción correctiva, es rehabilitar al empleado.

● Aunque no siempre es posible o factible, los supervisores deben intentar permitir a los empleados tanta autoridad o control sobre su trabajo como sea posible. Se deben considerar los factores organizacionales, técnicos, de seguridad y humanos al determinar cuánta libertad se puede permitir a los empleados sin poner en peligro los requerimientos de la producción. Al mismo tiempo, la delegación debe detenerse antes de que se convierta en abdicación al control.

● Actualmente vivimos en una época en la que todas las personas son sensibles respecto a sus derechos civiles y laborales. Los supervisores deben cuidar que se respeten los derechos de los empleados. Implícito en esta afirmación está el hecho de que se debe considerar responsables a los empleados por su conducta. Existe cuando menos una responsabilidad concurrente con cada derecho.

● Los supervisores son líderes y éstos son responsables de la aplicación de tiempos apropiados para ser adoptados y seguidos por otros. Los supervisores deben administrar con un alto grado de integridad moral. Deben comunicar a los empleados la siguiente idea: *"haz lo que yo hago, que es lo mismo que digo"*.

● Las personas tienen diversos grados de impulsos, intelecto y ambiciones para desarrollarse en forma personal y profesional. Los supervisores son responsables de facilitar el mejoramiento personal y profesional de los empleados, en el trabajo. Las actividades de capacitación y desarrollo no son sólo deseables, sino que son indispensables para satisfacer necesidades humanas de la organización.

● La política es una parte inevitable de la interacción humana. La política no es mala en sí misma, pero los resultados de la interacción y las actividades políticas causan en algunas ocasiones problemas. Los supervisores son responsables de canalizar la política hacia resultados constructivos y no destructivos.

● El conflicto es inevitable en cualquier caso en el que se encuentren personas trabajando juntas. El conflicto, al igual que la política, no es malo en sí mismo. De nueva cuenta, es responsabilidad de los supervisores canalizar los conflictos hacia resultados benéficos más que destructivos.

● Los supervisores deben estar preparados para apoyar a los empleados en situaciones en las que estén en lo correcto. Las personas respetan a aquellas otras que respaldan sus convicciones y creencias. También respetan a los supervisores que aceptan riesgos personales y los apoyan.

● Como personas de integridad moral, los supervisores deben estar preparados para cumplir su palabra a los empleados. Ningún líder puede durar a largo plazo cuando otros no pueden confiar en su palabra.

● Los supervisores deben mantener un clima de trabajo en el que los empleados puedan expresar libremente sus sentimientos y preocupaciones, sin temores de intimidaciones o represalias.

5.1.2. RELACIONES HUMANAS.

El trabajo en común crea ciertas dependencias y responsabilidades, de donde nacen ciertos conflictos que deben ser solucionados. El valor humano debe entenderse como elemento prioritario dentro de los demás elementos de la producción. El conflicto surge de la diferente concepción acerca de la empresa, el dueño piensa que el obrero no trabaja lo suficiente para justificar el salario, y éste cree que el patrón sólo busca enriquecerse a sus expensas.

La antigua relación capitalista de la oferta y la demanda, ya resulta muy pobre, por eso, al valor del trabajo se debe añadir el carácter humano de la persona, la cual no es un mero instrumento de alquiler, sino un asociado más con derechos y responsabilidades en el conjunto.

Los obstáculos para la creación de un clima favorable pueden clasificarse en dos puntos fundamentales:

- Obstáculos psicológicos (hostilidad, indiferencia ...)
- Obstáculos técnicos (de lenguaje, organización, información ...)

Y se encuentran en los distintos niveles de la pirámide de la empresa. Para vencerles, debe haber una presentación del sistema de trabajo a los niveles superiores y la preparación de un programa de implantación del sistema.

La presentación se puede hacer mediante sesiones individuales y las reuniones de grupo, eligiendo correctamente los grupos:

A) Sesiones individuales.

- Identificar las necesidades y deseos.
- Identificar las objeciones.
- Decidir como tratar las objeciones.

B) Reuniones de grupo.

- Aportar la instrucción adecuada.
- Presentar el sistema de gestión.
- Presentar el plan de control.
- Discutir las acciones a derivar de las herramientas de control.
- Aceptar las sugerencias como medio de obtener participación e implicación del grupo.

En la preparación del programa de implantación del sistema de trabajo:

A) Identificar las grandes tareas y asignarles un tiempo límite.

- Utilizar métodos gráficos.
- Fases esenciales o críticas.

B) Planificar las necesidades de personal y sus asignaciones a tareas.

C) Prever las tolerancias para:

- Disponibilidad de equipos.
- Solape de procedimientos.
- Preparación de estándares.
- etc.

NECESIDADES DEL TRABAJADOR.

El hombre en su trabajo o en su medio, busca satisfacer múltiples necesidades. Estas necesidades pueden agruparse de la siguiente manera:

A) Necesidades fisiológicas, primarias o vitales.- Son aquellas que las personas satisfacen primero como: comer dormir, descansar, vestir, etc.

B) Necesidades de seguridad.- Satisfechas las necesidades primarias, aparecen las necesidades que dan cierta seguridad de supervivencia. Sentir un mínimo de protección física (seguridad industrial), seguridad en sí mismo, servicio médico, etc.

C) Necesidad de afiliación o pertenencia.- Son el deseo de pertenecer y ser aceptado por diferentes grupos humanos, así como el deseo de relacionarse con nuestros semejantes.

D) Necesidad de estima.- Satisfechas las anteriores, surgen las de estima, que se expresan por el deseo de la persona de ser aceptada por los demás, recibir afecto y aprobación por parte de sus semejantes. Todo individuo necesita de cierto grado de estima y respeto de familiares, amigos, jefes y colaboradores.

E) Necesidades de autorrealización.- Consiste en el deseo de hacer las cosas que más le agradan en la vida, al realizarlas se aprovecha la capacidad, conocimiento y habilidad personal, es decir, se expresa el potencial humano individual.

PARTICIPACIÓN.

Por esto, la simple remuneración no basta, para transformar a la empresa en una verdadera comunidad de bienes e intereses. Una participación más amplia de todos los empleados, aparte de facilitar la convivencia humana, disminuye la gama diferencial de tratamientos y distancias.

Para obtener la integración del elemento trabajador se pueden enumerar, en orden de prioridades y consiguientes limitaciones, los siguientes puntos:

a) La participación en la gestión.- Es un elemento motivador y el factor humano se siente solidario con las necesidades de la empresa, se le hace ver la importancia de la participación respecto de sus beneficios, la supervivencia de la propia fuente de trabajo, las mejoras de tipo social que le significan y otros aspectos más, para los cuales su actuación será consultiva más no decisional y en algunos casos de tipo deliberativo, pudiendo entonces imponer su propio criterio. De este modo se transforma en un elemento valioso de cooperación, consulta y en un fácil receptor de responsabilidades, de acuerdo a la concepción que tenga sobre el particular.

b) La participación en los beneficios.- Es el hacerse acreedor a una cantidad de los mismos como elemento activo y parte generativa de las ganancias, motivándolo más en su actuación laboral, aumenta su productividad, estimula la rentabilidad, además fomenta un mayor acercamiento entre todos los componentes de la empresa, ligados mediante el interés común por la mejora en todos los sentidos.

c) Participación en la capitalización.- El capital, se enfrenta al riesgo, lo que se constituye en su derecho esencial a los beneficios; por su parte, el trabajo genera la riqueza, si bien necesita del apoyo del capital. Ambos se complementan y lo lógico es que empresario y trabajador se pongan de acuerdo sobre el ajuste de la repartición de utilidades, de manera que cubra a todo el personal de la organización.

d) Participación en las responsabilidades.- A través de las ganancias la empresa acumula potencial financiero y cuando se procura la participación en la capitalización, se trata de lograr la unión personal del capital y del trabajo. Las formas más conocidas de participación son las cooperativas, en las que los socios son patrones y trabajadores a la vez, compartiendo riesgos y beneficios en proporción a la actividad desarrollada por cada uno. Otra forma es mediante la compra de acciones de la empresa, o de su cesión por parte de ésta en forma gratuita.

MOTIVACIÓN Y RECOMPENSAS.

Si los supervisores tienen autoridad y los puestos no están restringidos por equipo altamente automatizado, para satisfacer las necesidades económicas, sociales y psicológicas de los empleados, se debe ofrecer una multiplicidad de recompensas que satisfagan las necesidades activas o activadas.

Las personas tienen necesidades diversas y por ello los supervisores deben desarrollar un conjunto de recompensas, que puedan proporcionarse a los empleados que hagan contribuciones positivas a los requerimientos del trabajo.

Entre mayor sea el conjunto de recompensas, menor será el hincapié que hagan los empleados en un solo tipo de recompensa, por ejemplo, el dinero es importante como motivador y no necesita ser el único. Al reducir el hincapié en éste, se tiene mayor flexibilidad en la administración. Las recompensas que se pueden poner a disposición de los empleados son las siguientes:

- Empleo constante.
- Condiciones de trabajo placenteras y seguras.
- Buenas relaciones de trabajo con otros.
- Trabajo interesante.
- Desafíos-
- Competencia.
- Reconocimiento.
- Orgullo.
- Sentido del logro.

- Un trabajo que contribuya a la sociedad.
- Posición, prestigio.
- Oportunidad de aprender una habilidad o habilidades múltiples.
- Oportunidad de progreso.
- Poder.
- Oportunidad de estar implicado, de participar.

Aunque con frecuencia los costos de trabajar exceden las recompensas. Es un reto para los supervisores, que con frecuencia tienen autoridad limitada para crear un clima en el que los empleados perciban que las recompensas exceden los costos.

Cuando las personas reflexionan y concluyen en su propia mente que algo es correcto, se verán frecuentemente motivadas a repetir la conducta que refuerza aquella creencia..

Es frecuente que las presiones grupales sean más fuertes que las presiones de la organización. En estas situaciones, se deben reducir las recompensas por ajustes a las acciones grupales y aumentar las recompensas por ajustarse a las normas de la organización, pudiendo incluir, lo siguiente:

- Tiempo libre ocasional, sin castigo, por buena asistencia.
- Alabanzas y reconocimientos por cooperación.
- Promoción a un mejor puesto.
- Una fuerte consideración para ingreso a programas de capacitación.
- Aumentos por mérito.
- Mejores asignaciones de trabajo dentro de la clasificación actual.
- Búsqueda de asesoría y consejos sobre asuntos laborales.
- Preferencia en la distribución de tiempo extra.
- Demorar o expedir el otorgamiento de peticiones y la canalización de quejas.

No debe alabar en forma paternalista, ni hacerlo como se haría con una mascota. Y cuando se manifieste conducta contraria a lo que se espera de ellos, antes de emprender una acción punitiva, se debe aconsejarlos con respecto a lo que se

espera de ellos, con objeto de ayudarles a superar por ellos mismos los malos hábitos que puedan haber desarrollado.

Dedicar un interés sincero al bienestar de los empleados, sin ser paternalista, puede reducir muchos problemas relacionados con éstos.

LIDERAZGO.

Es la capacidad para lograr que otros nos sigan y hagan lo que deseamos. Un supervisor de producción se debe convertir en un líder, ya que será la persona que dirija los recursos humanos coordinados con los recursos físicos, para efectuar el proceso productivo en una línea de producción.

La habilidad para dirigir hombres se adquiere mediante la experiencia y el entrenamiento. El jefe maneja el trabajo específico de una oficina, taller o fábrica y tendrá éxito en su cometido no sólo porque sepa manejar asuntos y máquinas, sino porque sabe manejar a su gente, estimulándola en su trabajo. El supervisor líder se distingue por tener las siguientes características:

- Personalidad dinámica.
- Habilidad para planear.
- Habilidad para organizar.
- Competencia.
- Decisión.
- Iniciativa.
- Vendedor de ideas.
- Energía.
- Habilidad para instruir
- Entusiasmo.
- Honradez.
- Buen juicio.

EL PAPEL DEL SINDICATO.

Los sindicatos representan al organismo que defiende y apoya al trabajador, por ende, tratan de participar activamente en la aplicación de las relaciones humanas en las que el trabajador casi siempre desconfía ante las diversas medidas de tipo unilateral que a su favor toma el empresario.

El sindicato surge como ente jurídico y el Estado debe reconocerlo como tal y respetar su autonomía. Aunque en nombre del bien común de la Nación, con razones ya expuestas, clara y razonablemente el Estado puede suspender este derecho laboral en circunstancias especiales.

Según los fines y criterios de organización los sindicatos pueden ser:

- **Profesionales.**
- **Regionales (nacionales, internacionales).**
- **Clasistas (sólo obreros, sólo empleados, etc.).**
- **Mixtos (obreros y empresarios). No han funcionado.**

Todos ellos, además de los fines específicos, promueven otras actividades tales como:

- **De tipo cultural o educacional.**
- **De bienestar social o asistencial.**

Los problemas con que se enfrenta todo sindicato radican en su origen, luego en su infraestructura y por último en su dirección.

- **En su origen: si no se organiza en forma racional, nace como medio para perpetuar un grupo de poder sindical, entonces ya no cumple su objetivo esencial, la defensa del trabajador.**

- **En su infraestructura: el sindicato debe presentarse como una organización estructurada en la que dirigentes bases cumplen funciones específicas en provecho del conjunto. Encontrándose vinculadas a partidos políticos, lo que distorsiona su concepción estructural, dando prioridad a la politización. En todo caso, si no existe una infraestructura sólida y de base, con elementos directivos capaces, los sindicatos pierden influencia poco a poco y sus gestiones ya no son tan positivas.**

- **En su dirección: los sindicatos cuyos líderes y asesores no mantienen un prestigio institucional y pecan por arbitrarios o por ignorancia respecto a la problemática del sindicalismo, están condenados al fracaso. Si los dirigentes pierden su libertad de acción ante la presión de las fuerzas políticas, la conducción sindical pierde su objetivo principal, servir a los trabajadores. Por otra parte, la dirección tiene que enfrentarse a una unidad de criterio sindical o a**

una pluralidad; en uno y otro caso, la dirección debe actuar siempre tras los fines para los cuales ha sido creado el sindicato.

CONFLICTOS.

El conflicto es parte de la estructura social y humana de los individuos. A nivel de organizaciones, los conflictos laborales se producen por una serie de circunstancias:

- **Desconfianza entre patrones y trabajadores.**
- **Medidas patronales arbitrarias que afectan directamente la estabilidad del trabajador.**
- **Actividades negativas por parte del trabajador que afectan en forma directa la estabilidad de la empresa.**
- **Falta de comunicación entre ambas partes.**

Cuando se produce el conflicto, ambas partes se encuentran en litigio tratando de solucionar a su favor y se valen de una serie de medidas si no se llega a una solución en la mesa de negociaciones. Para los trabajadores lo más común es la huelga, como un elemento de fuerza, para reclamos justos o como recurso final de toda una negociación, suele tener un tinte político, económico y social.

La contrapartida empresarial de la huelga es el cierre de centros de trabajo declarándose en quiebra, incrementando con ello la desocupación, las necesidades y la disminución de la productividad nacional, ocasionando problemas de orden social y económico a nivel de país.

El estado a través de instituciones de carácter conciliatorio como la Junta de Conciliación y Arbitraje, organismos arbitrales y tribunales del trabajo, por ejemplo, median entre las partes en conflicto, para llegar a una solución de éste.

Debemos exigir al poder legislativo que tome medidas preventivas, con una legislación más acorde con los tiempos, de modo que se disminuya al máximo el número de conflictos, emitiendo las legislaciones pertinentes para ello.

Jean Maninat, Director General de La Organización Internacional del Trabajo (OIT), señaló lo siguiente: " La OIT cree que debe haber cambios, pero para que los trabajadores se incorporen a la globalización y los mercados internacionales, sin sacrificar los derechos básicos de los trabajadores".^{▲REF.}

BENEFICIO DE LAS RELACIONES HUMANAS.

Los beneficios que se obtienen al tener relaciones humanas satisfactorias son múltiples y entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes:

- Mayor eficiencia en el trabajo.
- Ahorro de tiempo.
- Mayor integración del personal.
- Mayor grado de desarrollo personal.
- Reducción de desperdicios.
- Mayor satisfacción del personal.
- Mejor ambiente de trabajo.
- Reducción de problemas del orden humano.

5.1.3. CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE EMPLEADOS.

La capacitación y desarrollo, deben ser un proceso continuo donde se invertirá tiempo y dinero, para responder a ciertas necesidades y mejorar la productividad, la producción y la calidad.

Se debe aplicar un programa de capacitación o adiestramiento cuando se presentan los siguientes eventos:

- 1.- No se cumple el programa de producción.

^{▲REF.} Declaración tomada del artículo "Advierte la OIT", de Ángeles Cruz, pag. 49, periódico La Jornada, año catorce, número 4895, del martes 30 de septiembre de 1997.

- 2.- Se presentan accidentes en forma continua.
- 3.- Desperdicio elevado de insumos.
- 4.- Falta de cooperación y moral baja.
- 5.- Cambios de diseño del producto o en el proceso de fabricación
- 6.- Averías frecuentes de equipo y herramienta.
- 7.- Rotación frecuente de personal.
- 8.- Escasez de mano de obra especializada.
- 9.- No se cumplen las metas de calidad

Las actividades de capacitación y desarrollo deben estar integradas con la planeación a corto y a largo plazo. Dentro de cualquier programa de capacitación deben lograrse tres objetivos interrelacionados:

El primero es desarrollar en los entrenandos las capacidades técnicas apropiadas.

El segundo objetivo es desarrollar ideas, conceptos, métodos y procedimientos que permitan visualizar, mental y físicamente lo que se debe hacer y por qué debe hacerse.

El tercer objetivo es ayudar a desarrollar actitudes apropiadas en las relaciones de trabajo e interpersonales.

Los empleados con capacitación, si están comprometidos con el logro de las metas de la organización, son más confiables y tienen más confianza en sí mismos, además requieren de menor supervisión para control.

Los beneficios para las organizaciones son numerosos, la fuerza de trabajo capacitada es más eficiente y efectiva. Siendo más productiva, reduce los costos de operación y aumenta las utilidades

TIPOS DE PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN.

Algunos de los tipos son: capacitación por inducción, nuevas técnicas, capacitación por equipo y procesos, capacitación para desplazamiento

tecnológico, capacitación para aprendizaje y capacitación correctiva. Podemos clasificarlos en 4 formas de aplicación:

Por inducción.- Es el que proporciona la compañía al trabajador de nuevo ingreso, por medio del cual se proporciona información referente a las políticas y reglas de la empresa, así como la forma de realizar la operación asignada y la forma en que ésta encaja en el proceso de fabricación del producto.

Vestibular.- Se aplica al operario de nuevo ingreso, al promovido de puesto o al que se ha cambiado de operación, de estación de trabajo y de la línea de producción. Se efectúa en la sala de capacitación de la empresa, para no afectar los planes o sistemas de producción, la calidad, la seguridad o para no dañar equipo costoso. Es aplicado por instructores que no habrán de trabajar con el entrenando, ni habrán de evaluar su actuación real en el desempeño de su puesto.

Corrector.- Se aplica a trabajadores que no alcanzan las metas de producción y calidad requeridas, también cuando se emplean procedimientos nuevos, equipos y herramientas novedosos para el operario en su estación de trabajo. También como recordatorios de seguridad, simplificación del trabajo, cuidados de equipo, etc.

Efectivo.- Sirve de mecanismo de desplazamiento dentro de la organización, ya que capacite empleados con el fin de que asciendan y ocupen mejores puestos con más responsabilidad. Se aplica a aquellas personas que a juicio del supervisor, tienen cualidades para escalar a otra operación de mayor responsabilidad y remuneración.

La técnica para la aplicación de los programas de capacitación la podemos dividir en dos etapas, la preventiva y la ejecutiva.

La Etapa Preventiva consta de cuatro pasos antes de instruir al empleado:

- 1.- Elaborar tarjeta de archivo de capacitación: con base en estas tarjetas se controla en que operaciones han estado los operarios, en cuáles se deben entrenar y en que fecha.

2.- Elaborar hojas de análisis de trabajo: consiste en tener desglosada cada operación con sus puntos clave resaltados, para que el adiestramiento sea efectivo.

3.- Tener todo lo necesario para instruir: tener listo el material de apoyo, como herramientas, equipo, materiales, instructivos, diagramas, dibujos, etc.

4.- El lugar de trabajo: al realizar la instrucción en la estación de trabajo o área designada, está tendrá que estar en condiciones óptimas de uso.

Para la Etapa Ejecutiva se aplica siguiendo los pasos que a continuación se enlistan:

1.- Preparar al empleado: tiene como fin despertar en el empleado el interés por el trabajo y ganar su confianza, por lo que se recomienda:

- A) Animarle y ser amable con él.
- B) Definir el trabajo y averiguar la experiencia del empleado.
- C) despertar su interés por aprender el trabajo.

2.- Demostrar el trabajo: fase básica de la instrucción, en la que se que debe desarrollar habilidad, para obtener éxito en la capacitación, se recomienda:

- A) Colocar al trabajador en la mejor posición para observar la demostración del trabajo.
- B) Explicar, mostrar e ilustrar en el orden real cada una de las operaciones.
- C) Recalcar todo lo que el empleado debe saber para realizar cada una de las operaciones.
- D) La instrucción debe ser clara, completa y paciente.
- E) El ritmo de capacitación debe ser el adecuado para la capacidad de comprensión.

3.- Comprobar el aprendizaje: no basta realizar correctamente lo indicado en las dos puntos anteriores, es necesario verificar que el empleado aprenda lo que se le enseña, se recomienda el siguiente procedimiento :

- A) Hacer que el empleado ejecute las operaciones y que corrija los errores que cometa.
- B) Pedirle que explique los puntos clave mientras ejecuta las operaciones.
- C) Hacerle preguntas inteligentes para verificar que entiende y aprende las operaciones.
- D) felicitarlo por sus aciertos y animarlo diciéndole que lo hace bien cuando así sea.

4.- Observarlo en la práctica: en el trabajo normal de producción no se puede corre el riesgo de cometer errores y equivocaciones, por lo que es necesario observar de cerca la actuación del empleado, después de terminar el punto anterior de capacitación, se recomienda los siguientes pasos:

- A) Hacer que trabaje de forme independiente.
- B) Indicarle a quien debe consultar en caso de que le surjan dudas.
- C) revisar su trabajo frecuentemente e invitarlo a que haga preguntas que aclaren sus dudas.
- D) Por último, disminuir progresiva y paulatinamente la ayuda, así como la vigilancia hasta llegar a la supervisión normal de un obrero calificado.

5.2. GENERALIDADES DE SEGURIDAD.

La seguridad y la salud de los trabajadores industriales y de la construcción son extremadamente importantes. Todos los trabajadores que participan en la producción y en la construcción están constantemente expuestos a peligros potenciales. Hay un gran número de problemas asociados con los trabajos de

soldadura. Sin embargo cuando se siguen las medidas de precaución correctas, la soldadura es una ocupación segura.

El Gobierno, cada vez más consciente en lo que concierne a la seguridad y salud de los trabajadores, ha promulgado leyes que prescriben disposiciones de seguridad y la publicación de avisos de protección para asegurar así la eliminación de riesgos contra los trabajadores.

En términos generales las operaciones de soldadura y de corte constituyen peligros potenciales provenientes de los humos, gases, descargas eléctricas, radiaciones de calor y algunas veces del ruido. Todo el personal debe ser advertido contra estos peligros potenciales. Hay otros peligros más comunes que se aplican a todas las ocupaciones de metalistería. Estos son los accidentes que resultan de las caídas, de golpes por objetos en movimiento, de la exposición al metal caliente, etc. Es necesario tomar las precauciones normales con respecto a estos peligros.

Las prácticas de seguridad llevadas a cabo en el trabajo contribuyen a ahorrar lo siguiente:

- 1.- Pago de salarios por tiempo de trabajo perdido por los trabajadores que resultaron heridos.**
- 2.- Costo neto para reparar, reponer o volver a utilizar el material o equipo que fue dañado en un accidente.**
- 3.- Pago de salarios por tiempo perdido a los obreros accidentados los cuales son de índole diferente de los que se hacen por compensación a trabajadores.**
- 4.- Salario adicional por trabajar en tiempo extra debido al retraso ocasionado por un accidente.**
- 5.- Pago de sueldos devengados por supervisores mientras su tiempo se ocupe en actividades relacionadas con un accidente.**

- 6.- Pago oneroso del sueldo de un obrero accidentado debido a la disminución en su producción después de haber regresado a su trabajo.
- 7.- Costo correspondiente al período de aprendizaje del trabajador nuevo.
- 8.- Costos por conceptos de servicios médicos por un seguro que corre por cuenta de la empresa.
- 9.- Costo del tiempo dedicado por el personal supervisor de categoría superior y los empleados de oficina a la investigación del accidente o en la elaboración de las formas de solicitud de compensación.
- 10.- Costos diversos extraordinarios.

SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO.

La Gerencia y los supervisores de taller de soldadura son los responsables de proporcionar adiestramiento a los trabajadores para que el desempeño de sus actividades diarias esté a salvo de accidentes. Los empleados deben recibir la información y el adiestramiento que los hagan capaces de detectar cuando hay riesgos y protegerse de ellos.

Los soldadores y otros empleados tienen la obligación de aprender y usar prácticas seguras, así como de obedecer reglas y disposiciones de seguridad. Son responsables del uso adecuado del equipo y de los materiales. Tienen la obligación de aprender prácticas seguras y de obedecer las reglas y disposiciones de seguridad.

Las buenas prácticas de orden y limpieza deben emplearse siempre en el taller de soldadura. Se deben proporcionar dispositivos de seguridad adecuados, tales como los apropiados extintores contra incendio, equipos de protección y de primeros auxilios, etc., más el adiestramiento del personal para utilizar el equipo

de modo correcto. Sólo se deberá usar el equipo aprobado, adecuadamente instalado y conservado en buenas condiciones de trabajo.

5.2.1. PRINCIPALES RIESGOS EN SOLDADURA.

Los soldadores trabajan en una variedad de condiciones; en exteriores, en interiores de áreas abiertas, en espacios confinados, en sitios que están por arriba del nivel del suelo e incluso bajo el agua, utilizan un alto número de procesos de soldadura y de corte; sin embargo, la mayoría tiene en común el estar expuestos a los humos, gases, radiación y calor.

La salud ocupacional depende de las condiciones del ambiente de la soldadura y a que situaciones se ve expuesto el soldador. Los soldadores se exponen a un número de factores, simultáneamente. El uso de procesos específicos de soldadura o el soldar ciertos metales en particular presenta riesgos potenciales para la salud.

Los peligros más o menos peculiares a la soldadura son los siguientes:

- Descarga eléctrica
- Radiación de arco
- Contaminación del aire
- Exposición al calor
- Incendio y explosión
- Gases comprimidos
- Limpieza de la soldadura

Otros peligros relacionados con procesos y ocupaciones específicas.

EXPOSICIÓN AL CALOR

Algunas veces se requiere que los soldadores trabajen en o dentro de recintos sometidos a precalentamiento. Las temperaturas de precalentamiento que se requieren para el soldado de materiales pueden ser muy altas, por lo que el

soldador debe estar protegido para no tener un contacto directo con el material caliente. A los trabajadores se les debe suministrar suficiente aire fresco para evitar que respiren aire excesivamente caliente, se deben tomar precauciones especiales y adoptar procedimientos especiales para proteger al soldador contra el calor. Las ropas de protección deben llevarse puestas, lo cual ayudará a aislar al soldador del calor excesivo.

DESCARGA ELÉCTRICA.

El riesgo de descarga eléctrica va asociado con todo equipo eléctrico. Este incluye luces de extensión, las herramientas de mano eléctricas y todo tipo de maquinaria accionada por electricidad. Es recomendable utilizar solamente máquinas de soldadura que satisfagan los estándares nacionalmente reconocidos. Estas se mencionan generalmente en la literatura del fabricante y se muestran en la placa de la máquina. Solamente deben emplearse soportes de electrodos de soldadura del tipo aislado para la soldadura por arco de metal protegido.

Las pistolas de soldadura semiautomática para procesos de alambre continuo deben utilizar interruptores de control de bajo voltaje de modo que el alto voltaje no se transmita a las manos del soldador. En el equipo totalmente automático, se permiten voltajes más altos pero son inaccesibles al operador durante la operación normal.

En lo que respecta a la instalación de las máquinas de soldar, las instrucciones de instalación están incluidas en el manual del fabricante que acompaña a la máquina de soldar. El manual también proporciona el tamaño del cable de corriente que deberá usarse para conectar la máquina a la línea principal.

La estructura de metal y la caja de los transformadores y de las máquinas rectificadoras del transformador deben estar conectadas a tierra.

Los soportes del electrodo para soldar deben estar conectados a las máquinas con cables flexibles diseñados para aplicaciones de soldadura. No debe haber empalmes en el cable del electrodo. Es importante colocar las máquinas de

soldar donde tengan ventilación adecuada y que las ventanillas de ventilación estén ubicadas de modo tal que no puedan obstruirse.

Los cables del electrodo y los cables de trabajo no deben enredarse alrededor de las máquinas de soldar, ni tampoco deberán nunca enredarse alrededor del soldador.

Las áreas de trabajo deberán mantenerse secas, los soldadores nunca deberán trabajar en áreas húmedas puesto que ello reduce la resistencia del soldador e incrementa el potencial de riesgo eléctrico.

Las máquinas de soldar y el equipo auxiliar deben ser inspeccionados periódicamente y que electricistas competentes les den mantenimiento. Mientras que este se realice, hay que desconectar el equipo de las líneas principales de poder, de modo que no exista la posibilidad de que alguien tenga contacto con el alto voltaje de la entrada.

RADIACIÓN DEL ARCO

El arco eléctrico es una fuente de luz muy poderosa: visible, ultravioleta e infrarroja. Es necesario que los soldadores y demás personas que estén cerca de un arco de soldadura lleven la protección conveniente contra la radiación del arco. La brillantez y el espectro exacto de un arco de soldadura dependen del proceso de soldadura, de los metales del arco, de la atmósfera y longitud del mismo, y de la corriente de soldadura. Mientras más altos sean la corriente y el voltaje del arco, más intensa será la luz proveniente del arco, al igual que toda emisión, la radiación de la luz del arco disminuye al cuadrado de la distancia. Aquellos procesos que producen humo alrededor del arco tienen un arco de menor brillo puesto que el humo actúa como filtro.

El calor emana del arco bajo la forma de radiación infrarroja. Esta es inofensiva siempre y cuando se tenga la adecuada protección óptica y de ropa.

Los soldadores deben usar caretas protectoras para soldar con filtros o gafas con filtro especial. Las caretas para soldar deben estar en buenas condiciones, pues si hay aberturas o rajaduras la luz del arco pasa y produce molestias.

Lentes de sombra recomendadas para diversos procesos de soldadura (ver fig. 5.3):

TIPO DE SOLDADURA	SOMBRA DE LENTES
Luz que se desvía de la soldadura o corte.	1.7 - 4
Trabajo de vaciado de metal y hornos.	1.7 - 4
Corte y soldadura ligeros con gas, soldadura eléctrica por puntos, de tipo ligero.	5
Corte con gas, soldadura mediana con gas, y soldadura y corte con arco hasta de 30 amperes.	6 - 7
Soldadura pesada con gas, y soldadura y corte con arco hasta de 75 amperes.	8 - 9
Soldadura y corte con arco hasta de 200 amperes.	10 - 11
Soldadura y corte con arco hasta de 400 amperes.	12 - 13
Soldadura y corte con arco arriba de 400 amperes.	14

FIG. 5.3 TABLA DE SOMBRAS PARA LENTES.

CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

La soldadura por arco y el corte con flama producen contaminación del aire, que se identifica como humo que asciende donde tiene lugar la operación de soldadura o corte. El humo es similar al humo que sube de una fogata. La ventilación normal reduce el riesgo que presenta el humo. Los humos de la soldadura comprenden dos tipos de contaminación del aire: la materia

corpúscular y los gases. El daño potencial de los humos y de los gases depende de:

- La composición química de la materia corpúscular.
- La concentración en la zona de respiración del soldador.
- La duración de la exposición a humos y gases.

MATERIA CORPÚSCULAR

Esta constituida por sólidos extremadamente pequeños suspendidos en el aire. El humo es un ejemplo de materia corpúscular, así como los polvos, el polen, el smog, la ceniza, etc., varían de tamaño de 0.1 hasta 100 micrones. El tipo de humo depende del tipo de materia corpúscular que tiene que ver con el proceso de soldadura, el tipo de electrodo o el metal de aporte, la corriente empleada, la ubicación de la soldadura, las condiciones atmosféricas, la composición base del metal que se este soldando. No todos los humos que se desprenden de la soldadura son iguales y la concentración puede variar en un amplio rango.

Hay ciertos metales que no deberían soldarse sin el uso de sistemas mecánicos de escape, porque los metales vaporizados son potencialmente peligrosos. Los metales comunes que ocasionan contaminaciones peligrosas transportadas por el aire son el Berilio, el Latón, el Bronce, el Cadmio, el Cromo, el Cobalto, el Cobre, el Plomo, el Manganeso, el Níquel, el Vanadio y el Zinc. Con ninguno de estos metales debe emplearse soldadura de arco a menos que se emplee ventilación mecánica o que el soldador esté protegido de alguna otra manera.

GASES.

En muchos de los procesos de soldadura y de corte con flama de oxígeno, y en otros procesos conexos, intervienen o se producen gases. Por ejemplo, los gases son producto de la combustión en los procesos de gas combustible, o cuando el

acero se funde con el arco. Algunos de los componentes del revestimiento del electrodo de soldadura por arco metálico protegido, o del material contenido en el núcleo de un alambre de electrodos con núcleo de fundente, también producen gases. Dichos revestimientos y materiales contenidos como parte del metal de aporte consumible, están destinados a producir gases como protección del área del arco contra la atmósfera. Los fundentes que se utilizan para la soldadura con gas, la soldadura de latón, la soldadura de arco sumergido y la soldadura por electroescoria también producirán gases cuando se calienten.

El bióxido de carbono es el gas más común que se produce por la desintegración de los revestimientos del electrodo o de los materiales contenidos en los alambres del electrodo con núcleo de fundente. Este se utiliza para ayudar a proteger de la atmósfera el área del arco.

Los procesos de soldadura con protección de gas utilizan varios gases para cubrir o para proteger de la atmósfera el área del arco. Se usan gases inertes para la soldadura por arco de Tungsteno con gas y para la soldadura por arco plasma, los gases o las mezclas de gases activos e inertes se utilizan en la soldadura por arco metálico y en la de núcleo de fundente. Se requiere ventilación adecuada para eliminar estos gases de la zona de respiración del soldador.

Todas las operaciones de soldadura o de corte por flama, así como las operaciones asociadas, llevadas a cabo en espacios confinados o restringidos, deben ventilarse adecuadamente para prevenir la acumulación de materiales tóxicos o de gases combustibles y la falta de oxígeno.

Un área cerrada o espacio confinado, en un espacio relativamente pequeño, como un tanque, una tina, un recipiente a presión, una caldera, un compartimiento, un cuarto pequeño, o cualquier lugar cerrado con poca ventilación.

Los riesgos van desde la falta de oxígeno, gases venenosos, gases inflamables o explosivos, hasta la acumulación de humo denso o de materia corpuscular. La soldadura, el corte con flama, o procesos conexos nunca deben emplearse sin tomar precauciones especiales.

VENTILACIÓN.

Se debe proporcionar una adecuada ventilación para todas las operaciones de soldadura ordinaria, de corte y las que se relacionen con ellas. Una ventilación adecuada significa que hay suficiente transmisión de aire de modo que la concentración de contaminantes transportados por el aire estará por debajo de los niveles permitidos. La adecuada ventilación depende de los siguientes aspectos:

- 1.- Volumen y configuración del espacio donde tiene lugar el trabajo de soldadura.**
- 2.- Número y tipo de operaciones que generan contaminantes.**
- 3.- Niveles permisibles de contaminantes tóxicos o inflamables específicos que se generan.**
- 4.- Flujo natural de aire y condiciones atmosféricas generales del lugar donde se esté haciendo el trabajo.**
- 5.- Ubicación de las zonas de respiración para los soldadores y para otras personas en relación con la contaminación.**

Se puede obtener ventilación adecuada para soldar en tres formas diferentes:

- a) Ventilación natural-**
- b) Ventilación mecánica general.**
- c) Ventilación de escape local.**

INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

Un alto número de los incendios que ocurren en las plantas industriales son causados, por cortar y soldar con equipo portátil en áreas no específicamente

diseñadas o aprobadas para tales trabajos. Los tres elementos del triángulo de fuego (combustible, calor y oxígeno) intervienen en la mayoría de las operaciones de soldadura.

El calor proviene de la flama del soplete, del arco o del metal caliente. El combustible proviene del gas combustible empleado o de la presencia de combustibles en el área de soldadura.

El oxígeno está presente en el aire pero se le puede añadir el oxígeno que se usa con el gas comburente. Muchos incendios industriales han sido causados por chispas, las cuales son glóbulos de metal fundido que pueden desplazarse hasta 13 m.

Puede ocurrir que las piezas de metal caliente entren en contacto con materiales comburentes y ocasionar un incendio. Incendios y explosiones han sido ocasionados cuando este calor se transmite a través de las paredes de los recipientes a atmósferas inflamables o a los combustibles que están dentro de los recipientes.

Los incendios resultantes de cortes y de soldaduras pueden evitarse eliminando todos los combustibles del área de soldadura.

Se debe de proporcionar un lugar de trabajo seguro para las operaciones de soldadura y de corte, debe construirse con materiales no inflamables. Se debe instalar un equipo contra incendio en las áreas del taller. Los tipos diferentes de extintores para las diferentes clases de incendios posibles deben estar a la mano e identificarse para los tipos de incendios que pudieran ocurrir.

Los cilindros de acetileno y otros cilindros de gas combustible deben almacenarse en un área específica, bien ventilada o al aire libre, lejos del oxígeno y en posición vertical.

Todos los cilindros almacenados deben tener puestos sus capuchones, tanto los llenos como los vacíos y deben tener las válvulas bien cerradas.

GASES COMPRIMIDOS.

Todos los cilindros de gases comprimidos representan peligros potenciales, principalmente la posibilidad de una liberación repentina de gas al quitar o romper la válvula. El gas que escapa con mucha presión causa que el cilindro actúe como un cohete, chocando violentamente contra personas o cosas.

Las fugas de gas combustible pueden ocasionar incendios o explosiones. Los gases que se usan en soldadura (gases combustibles, oxígeno o gases inertes de protección) normalmente se suministran en tanques o cilindros (normalmente manufacturados por el proveedor del gas), que deben marcarse de modo legible para identificar los gases que contengan, ya sea por el nombre químico o por el nombre comercial del gas. Existe también un sistema de identificación por código de colores.

ALMACENAMIENTO.- Los cilindros de oxígeno deben almacenarse lejos de los cilindros de gas combustible y de materiales comburentes, en áreas frescas y bien ventiladas, almacenándose verticalmente y afianzados para evitar que caigan, debiendo manejarse con cuidado para evitar que se golpeen y con los capuchones o tapas de protección de las válvulas colocados, indicando cuando estén vacíos los cilindros.

Los cilindros para aparatos portátiles deben ir firmemente montados en carros especialmente destinados a ello.

OXÍGENO.- Es uno de los gases (se le debe llamar oxígeno y nunca aire) más comunes contenido en los cilindros portátiles de alta presión, éstos no deben manejarse con manos o guantes aceitosos. El oxígeno no se quema pero apoya y acelera la combustión, haciendo que los combustibles se quemen con gran intensidad.

OTROS RIESGOS.

La escoria que frecuentemente cubre el metal soldado que se deposita, tiene que ser eliminada usando para ello herramientas de mano o eléctricas que

desprendan al material, lanzando a éste por el aire y convirtiéndolo en un peligro potencial, por lo que se tienen que usar gafas de protección.

Puede ser necesario que los soldadores trabajen en áreas radiactivas peligrosas y en tales casos se deben conservar medidas de precaución (cuidados especiales), determinar los niveles de radiación, el tiempo permisible de exposición (puede ser extremadamente corto) y todos los demás factores involucrados.

Los artículos que se caen constituyen un riesgo, principalmente en los sitios en construcción y dependiendo de la actividad productiva en algunas plantas, por tanto, debe usarse casco de protección.

Otros riesgos, tales como caer de lugares altos, trabajar con objetos pesados o alrededor de metales calentados, son riesgos comunes en las plantas de acero, talleres de forja y en los talleres de estructuras.

La soldadura bajo el agua es la tarea más peligrosa, cualquier tipo de trabajo bajo el agua es peligroso y aumenta en proporción a la profundidad en que se realiza.

RUIDO

Al cincelar y picar la soldadura se produce un ruido excesivo y por tanto debe controlarse, porque puede dañar el oído y causar otras lesiones, ocasionando una pérdida temporal o permanente de éste.

El ranurado de aire por arco de carbono con corriente alta y el corte de plasma con corriente alta producen grandes niveles de ruido y por tanto se requiere de protección auditiva.

Los instrumentos de medición del ruido deben utilizarse para verificar el nivel de ruido dentro del área de trabajo, de modo que puedan tomarse medidas precautorias.

5.2.2. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.

PARA SOLDADURA POR ARCO:

- 1.- Asegúrese de que su equipo de soldadura por arco esté adecuadamente instalado y conectado a tierra, también en buenas condiciones de operación.**
- 2.- Use siempre ropas de protección apropiadas para la soldadura que se vaya a realizar.**
- 3.- Lleve siempre protección ocular adecuada cuando vaya a soldar, rociar, cortar o pulir.**
- 4.- Evite respirar aire con humo directamente sobre el arco.**
- 5.- Mantenga su área de trabajo limpia y libre de riesgos, asegúrese que no haya ningún material inflamable, volátil o explosivo dentro o cerca del área de trabajo.**
- 6.- Maneje todos los cilindros de gas comprimido con extremo cuidado, dejando puestos los capuchones cuando no estén en uso.**
- 7.- Asegúrese que los cilindros de gas comprimido estén fijos contra la pared u otros soportes estructurales.**
- 8.- Cuando los cilindros de gas comprimido estén vacíos cierre la válvula y coloque un aviso de vacío.**
- 9.- No suelde en un espacio cerrado sin tomar precauciones especiales.**
- 10.- No suelde recipientes que hayan contenido combustibles sin antes tomar precauciones especiales.**

- 11.- No suelde recipientes o compartimientos sellados sin proporcionar respiraderos y tomar precauciones especiales.
- 12.- Use un escape mecánico en el punto de la soldadura cuando suelde plomo, cadmio, cromo, manganeso, latón, bronce, zinc o acero galvanizado y cuando suelde en espacios cerrados.
- 13.- Cuando sea necesario soldar en un área húmeda o mojada, calce botas de hule y párese en una plataforma seca y aislada.
- 14.- No use cables con partes desgastadas, partidas o descubiertas en el material aislante.
- 15.- Cuando el portaelectrodo no esté en uso, cuélguelo en sus ménsulas respectivas, nunca permita que toque un cilindro de gas comprimido.
- 16.- Deseche las colillas de electrodo en un recipiente adecuado, si las deja en el suelo representarán un riesgo.
- 17.- Proteja a los demás de los rayos de luz producidos por la soldadura por arco.
- 18.- No suelde cerca de operaciones de desengrasado.
- 19.- Cuando trabaje a distancia del suelo asegúrese que el andamio, la escalera y la superficie de trabajo estén sólidamente afianzados.
- 20.- Cuando suelde en lugares altos, use cinturón de seguridad o una cuerda protectora.
- 21.- Nunca utilice cilindros de gas comprimido para soportar la pieza de trabajo que esté soldando o cortando, y nunca utilice dichos cilindros como rodillos.
- 22.- Nunca coloque una pieza de trabajo que vaya a calentarse o a soldarse sobre un piso de concreto, porque cuando éste se calienta

suficientemente puede fragmentarse y saltar en perjuicio de los soldadores o de otras personas.

- 23.- 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 requeridas para extraer el monóxido de carbono que se produce.
- 24.- 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 chispas o por metal caliente.
- 25.- Mantenga siempre las terminales de soldadura y los cables primarios de alimentación de energía fuera de escaleras, pasillos o puertas.
- 26.- Apague siempre la máquina de soldar cuando vaya a dejar por un período de tiempo prolongado de soldar.
- 27.- Nunca meta en agua un portaelectrodo caliente.
- 28.- Mantenga siempre los cables de soldar limpios de grasa y aceite.
- 29.- Nunca deje que los cables de soldar queden asentados en agua, en tierra, en zanjas o en fondos de tanques.
- 30.- Nunca haga reparaciones al equipo de soldadura sin desconectar antes la corriente de alimentación de la máquina.

PARA SOLDADURA Y CORTE CON GASES.

- 1.- Asegúrese que todos los aparatos estén debidamente instalados y en buenas condiciones de funcionamiento, y que todas las conexiones estén ajustadas antes de encender el soplete.

- 2.- Use siempre ropas de protección apropiadas para soldar o cortar con flama.
- 3.- Mantenga su área de trabajo limpia y libre de materiales peligrosos, cuando se corta con flama las chispas pueden desplazarse de 10 a 15 m., no permita que las chispas caigan sobre las mangueras o los cilindros.
- 3.- Lleve siempre protección ocular adecuada cuando vaya a soldar, rociar, cortar o pulir.
- 4.- No use la flama para inspeccionar las juntas cerradas, ni utilice una solución de jabón para detectar fugas.
- 5.- Almacene los cilindros de gas comprimido en un lugar seguro y ventilado, manteniendo por separado los de acetileno de los de oxígeno.
- 6.- Úsese el oxígeno y el acetileno u otros gases combustibles con los sopletes apropiados, sólo para los propósitos que se recomiendan.
- 7.- Evite respirar el aire con humo directamente por arriba de la flama.
- 8.- Nunca use aceite, grasa o cualquier otro material en ningún aparato o implemento roscado en el sistema de oxiacetileno, el aceite y la grasa pueden causar combustión espontánea al contacto con el oxígeno.
- 9.- No suelde ni haga cortes con flama en un espacio cerrado sin tomar precauciones especiales.
- 10.- Cuando arme un equipo abra ligeramente la válvula del cilindro de gas antes de conectar los reguladores, para expulsar cualquier material extraño que se hay acumulado.
- 11.- Asegúrese que todos los implementos enroscados estén limpios y ajustados.

- 12.- No suelde ni haga un corte en un espacio cerrado antes de tomar las precauciones especiales.
- 13.- No suelde ni haga cortes con flama en recipientes o compartimientos sellados sin antes haber procurado respiraderos o tomado las precauciones especiales.
- 14.- No suelde ni haga corte con flama en recipientes que hayan contenido combustible, sin tomar antes las precauciones especiales.
- 15.- Si debe soldar o hacer corte con flama y esté algún combustible o material volátil, tome precauciones especiales.
- 16.- Nunca utilice un cilindro que tenga fuga de gas.
- 17.- Nunca mezcle gases en un cilindro.
- 18.- Nunca intente pasar gas de un cilindro a otro.
- 19.- Nunca efectúe trabajos de soldadura o de corte en presencia de gases o vapores inflamables.
- 20.- Deje siempre los cilindros de oxígeno y acetileno fuera de tanques o de otras áreas confinadas.
- 21.- Durante el trabajo deje puesta la llave en el cilindro para cualquier emergencia.
- 22.- Al terminar el trabajo cierre bien la válvula con la llave correspondiente.
- 23.- Conserve siempre los cilindros en posición vertical, nunca en posición horizontal.
- 24.- Al manejar los cilindros hágalo con cuidado, nunca con brusquedad, evitando golpes.

- 25.- Si el fuego se comunica a las mangueras o al regulador, cierre inmediatamente la válvula del cilindro.
- 26.- Si surge flama junto a la válvula del cilindro y no es posible cerrarla, apáguela con un chorro de agua, ya que ésta hace soluble el gas y baja su poder calorífico apagándola.
- 27.- No acercar fuentes de calor a los cilindros (por pequeñas que sean).
- 28.- No intente reparar la válvula defectuosa de un cilindro, eso corresponde a la planta productora del gas que cuenta con el personal especializado.
- 29.- Al abrir la válvula del cilindro párese a un lado del regulador.
- 30.- Abra las válvulas de los cilindros lentamente, nunca de golpe, la alta presión puede doblar los manómetros.

5.2.3. NORMAS LEGALES.

La importancia que tiene la preservación de la vida y la integridad físico funcional de los trabajadores, ha sido motivo de su tratamiento jurídico en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y a partir de ella se han derivado una serie de preceptos de carácter obligatorio, cuyo cumplimiento es responsabilidad tanto de la empresa como de los trabajadores.

En México el marco jurídico es bastante rico y explícito en lo que respecta a la seguridad e higiene industrial y es precisamente esa amplitud la que en ocasiones genera conflictos entre quienes tienen que cumplirla.

Para proporcionar un panorama general a continuación se mencionan las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), que de una u otra manera se relacionan con las actividades asociadas a la soldadura industrial

NOM 001 STPS 1993 08/06/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo.
NOM 002 STPS 1993 20/07/94	Relativa a las condiciones de seguridad para la prevención de incendios en los centros de trabajo.
NOM 003 STPS 1993 08/06/94	Relativa a la obtención y refrendo para operador de grúas o montacargas en los centros de trabajo.
NOM 004 STPS 1993 13/06/94	Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo.
NOM 005 STPS 1993 03/12/93	Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
NOM 006 STPS 1993 03/12/93	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de los materiales en los centros de trabajo.
NOM 007 STPS 1993 13/06/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la instalación y operación de ferrocarriles en los centros de trabajo.
NOM 008 STPS 1993 03/12/93	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo.
NOM 009 STPS 1993 13/06/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.
NOM 010 STPS 1993 08/07/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
NOM 011 STPS 1993 06/07/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

NOM 012 STPS 1993 15/06/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes generadoras o emisoras de radiaciones ionizantes.
NOM 013 STPS 1993 06/12/93	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas no ionizantes.
NOM 014 STPS 1993 11/04/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene para los trabajadores que se desarrollen a presiones ambientales anormales.
NOM 015 STPS 1993 30/05/94	Relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo.
NOM 016 STPS 1993 06/07/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, referente a ventilación.
NOM 017 STPS 1993 24/05/94	Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.
NOM 018 STPS 1993 06/12/93	Relativa a los requerimientos y características de los servicios de regaderas, vestidores y casilleros en los centros de trabajo
NOM 019 STPS 1993 05/12/94	Relativa a la constitución, registro y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
NOM 020 STPS 1993 24/05/94	Relativa a los medicamentos, materiales de curación y personal que presta los primeros auxilios en los centros de trabajo.
NOM 021 STPS 1993 24/05/94	Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran para integrar las estadísticas.
NOM 022 STPS 1993 06/12/93	Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo donde la electricidad estática representa un riesgo.
NOM 023 STPS 1993 25/03/94	Relativa a los elementos y dispositivos de seguridad de los equipos para izar en los centros de trabajo.

NOM 024 STPS 1993 15/03/94	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones.
NOM 025 STPS 1993 25/05/94	Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.
NOM 026 STPS 1993 26/05/94	Seguridad, colores y su aplicación.
NOM 027 STPS 1993 27/05/94	Señales y avisos de seguridad e higiene.
NOM 028 STPS 1993 24/05/94	Seguridad - Código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.
NOM 029 STPS 1993 14/04/94	Seguridad - Equipo de protección respiratoria, código de seguridad para la identificación de botes y cartuchos purificadores de aire.
NOM 030 STPS 1993 15/03/94	Seguridad - Equipo de protección respiratoria, definiciones y clasificación.
NOM 031 STPS 1993 14/01/94	Higiene industrial, medio ambiente laboral - determinación del nivel sonoro continuo equivalente, al que se exponen los trabajadores en los centros de trabajo.

5.3. ELEMENTOS DEL COSTO.

El costo de la soldadura como el de cualquier proceso industrial, comprende el costo de la mano de obra, los materiales (insumos) y de otros gastos indirectos.

Son una parte del costo total de los productos fabricados en mayor o menor parte mediante éste proceso, además sirven para determinar estimaciones del costo, para concursar en trabajos de soldadura, para establecer tarifas de programas de incentivos y para los procesos de construcción soldada.

El costo de la construcción soldada comprende el costo de la soldadura, el del material necesario, el de la preparación de las partes y el tratamiento que se requiere después de la soldadura. Éste ayuda a determinar la ventaja competitiva

de una construcción soldada en comparación con una pieza vaciada u otro tipo de construcción que solucione la necesidad del fabricante y del usuario del producto.

El factor tiempo es base para determinar los costos de mano de obra, el tiempo del trabajo de soldadura o el tiempo por incremento en la longitud de una soldadura, el tiempo que se requiere para soldar una parte. El tiempo es universal y en muchas situaciones representa el costo de la mano de obra.

Los materiales de soldadura también se relacionan con el costo total, para los procesos donde se deposita el metal de soldadura en la unión, la cantidad de metal depositado viene a ser la base del cálculo de los costos de materiales.

La velocidad a la que se deposita el metal de soldadura se relaciona con el tiempo, que es la base para los costos de mano de obra, ésta misma se puede usar para establecer estándares de tiempo y preparar diagramas con datos, que se pueden usar para fines estimativos (establecimientos de tarifas, etc.).

La descripción del procedimiento de soldadura debe comprender los detalles (Útiles) de la unión soldada, que a su vez establecen la cantidad de metal de soldadura necesario para determinar la unión e incluyen el tipo de metal de aporte de que se trata, porque se relaciona a éste con su costo y se debe especificar la corriente de soldadura.

La cantidad y el tipo de metal de aporte junto con la corriente de soldadura, se relacionan con la velocidad a la que se deposita el metal de soldadura y el método de aplicación, porque éstos influyen en el ciclo de trabajo, que a su vez determina la cantidad de mano de obra utilizada en el procedimiento.

Para obtener los costos reales se deben incluir la tarifa de mano de obra y el costo de los metales de aporte, fundentes, gases de protección y cualquier otro material que se consume al efectuar la soldadura, así como también el costo de preparación de la unión, que varía de acuerdo con el espesor del material y el diseño de la unión. También se incluye el costo del tratamiento posterior a la soldadura, que puede ser el maquinado final, esmerilado o pulido, tratamiento térmico, chorro de municiones y un posible enderezado o relevado de esfuerzos.

El proceso manual de soldadura utiliza gran cantidad de mano de obra y la soldadura en campo cuesta más que la soldadura en taller, así como soldar en posición horizontal, vertical o sobrecabeza cuesta más que en posición plana.

Otros factores que influyen en los costos finales son: las condiciones locales del taller o de la obra, el equipo disponible, la experiencia y habilidad de los soldadores, las tarifas de electricidad, los requisitos especiales de ley y norma, las condiciones del tiempo y temperatura, los reglamentos industriales y muchas otras variables.

Por esta razón las tablas, gráficas, diagramas, etc., sólo son una guía general que se aplica en condiciones promedio.

5.3.1. METAL DE SOLDADURA PARA LAS UNIONES.

La base del costo del material de soldadura es la cantidad de éste depositado en la unión, procedimiento que se aplica a toda la soldadura de arco y a otros procesos de soldadura en los cuales se deposita metal.

Los datos estandarizados que presentan la mayoría de las firmas de soldadura, se basan en el uso del acero como metal base y metal de aporte, dicha información se presenta de tal modo que se puedan calcular los datos para otros metales, en base a la relación del área de la sección transversal de la soldadura con las uniones estándar.

Cada soldadura tiene una superficie de sección transversal que se puede determinar directamente por cálculos geométricos. Al estandarizar los detalles de la soldadura, el cálculo del área de la sección transversal se simplifica.

Las fórmulas para las distintas soldaduras se ilustran en las siguientes tablas donde se utiliza la siguiente nomenclatura, ilustrada en la fig. 5.4:

A	Ángulo del surco o bisel.
CSA	Área de sección transversal.
D	Diámetro de la soldadura de tapón o de la soldadura de punto al arco.
L	Longitud de la soldadura de ranura.
R	Radio (se usa en los biseles en J y en U).
AR	Abertura de raíz.
RF	Cara de la soldadura.
S	Tamaño del chafián, del cordón, o de la soldadura de bisel sin penetración.
T	Espesor.
W	Ancho del recubrimiento.

FIG. 5.4 NOMENCLATURA UTILIZADA EN TABLAS.

Estas fórmulas para cada soldadura dan los valores teóricos de superficies de sección transversal con una superficie a ras. Los diseños se relacionan con los espesores del material, mostrando el área teórica de la sección transversal en cm^2 y el peso teórico del depósito de soldadura se relaciona con el diseño y el espesor. Los datos de las tablas dan la ventaja de visualizar como se relacionan los costos de soldadura con el diseño de la unión, también ilustran la cantidad de metal necesario para los distintos tipos de diseño de soldadura (ver fig. 5.5, fig. 5.6, fig. 5.7 Y fig. 5.8).

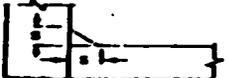
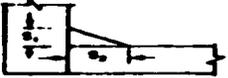
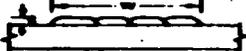
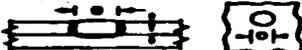
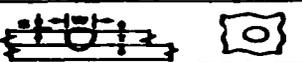
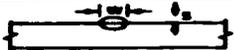
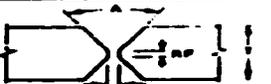
SOLDADURA	DIFER	FORMULA PARA EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL
CHAPLON LADOS DUALES:		$CSA = 1/2TS^2$
CHAPLON LADOS SINGU- LARES:		$CSA = 1/2 TS \cdot S_1$
DE REVER TERCETO		$CSA = S \cdot W$
DE TAPON		$VOL = \phi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 \cdot L$ LA FORMULA OBTIENE EL VOLUMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE SANURA		$VOL = \left[\phi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 + H \cdot L - H^2 \right] L$ LA FORMULA OBTIENE EL VOLUMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE PUNTO AL ARCO		$VOL = 1/2S \left(\frac{\phi}{2}\right)^2$ VOLUMEN POR SOLDADURA LA FORMULA OBTIENE EL VOLUMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE COSTU- RA AL ARCO		$CSA = 1/2TS$
CORDON		$CSA = 1/2TS$
RECTA		$CSA = AR \cdot T$
EN V SIMPLE		$CSA = 1/2 T \cdot RP^2 \ln \left(\frac{\phi}{2}\right) + AR \cdot T$
EN V DOBLE		$CSA = 1/2 TV - RP^2 \ln \left(\frac{\phi}{2}\right) + AR \cdot T$

FIG. 5.5 ÁREAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS SOLDADURAS.

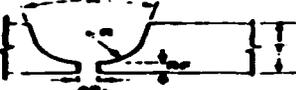
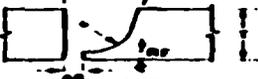
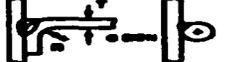
TIPO DE SOLDADURA	DISEÑO	FORMULA PARA EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL
SOLDADURA GENERAL		$CSA = 1/2TY + RP1^2 \tan A + AR + T$
SOLDADURA		$CSA = 1/2TY + RP1^2 \tan A + AR + T$
SOLDADURA		$CSA = 1T + R + RP1^2 \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) + 2RT + R + RP1 + \frac{1}{2}R2^2 + \frac{R2}{4} + T$
SOLDADURA		$CSA = 1/2TY + 2R + RP1^2 \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) + 2RT + 2R + RP1 + \frac{1}{2}R2^2 + AR + T$
SOLDADURA		$CSA = 1/2TY + R + RP1^2 \tan A + RT + R + RP1 + \frac{1}{2}R2^2 + AR + T$
SOLDADURA		$CSA = 1/2TY + 2R + RP1^2 \tan A + RT + 2R + RP1 + \frac{1}{2}R2^2 + AR + T$
SOLDADURA EN T		$CSA = \frac{(2R + T)^2}{2} + RT + T2^2$
SOLDADURA EN T		$CSA = \frac{(2R + T)^2}{2} + RT + T2^2$

FIG. 5.6 ÁREAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS SOLDADURAS.

Geometría	Dibujo	T en pulgadas	CSA en cm ²	Densidad de soldadura en g/cm	CSA en cm ²	Densidad de soldadura en g/cm
Chapas solapas iguales		1-0	0 052	0 040	0 050	0 045
		3-16	0 118	0 091	0 129	0 100
		1/2	0 260	0 198	0 219	0 174
		5-16	0 316	0 240	0 260	0 214
		3-8	0 418	0 316	0 337	0 271
		7-16	0 519	0 386	0 407	0 327
		1-2	0 608	0 434	0 460	0 368
		5-8	0 710	0 501	1 123	0 881
		3-4	1 013	0 759	1 287	1 000
		7-8	2 071	1 43	2 045	1 609
1	2 23	2 24	2 845	2 409		
Chapas solapas desiguales		1-4 - 3-8	0 303	0 230	0 236	0 202
		3-8 - 1-2	0 608	0 470	0 468	0 373
		1-2 - 5-8	1 008	0 790	1 110	0 889
		5-8 - 3-4	1 810	1 390	1 809	1 309
3-4 - 1	2 410	1 80	2 60	2 00		
Recta		1-8	0 103	0 090	0 123	0 097
		5-32	0 123	0 097	0 148	0 110
		3-16	0 148	0 110	0 160	0 120
		7-32	0 174	0 137	0 200	0 150
		1-4	0 200	0 157	0 230	0 180
		5-32	0 226	0 177	0 271	0 213
5-16	0 252	0 197	0 303	0 238		
V sencilla		1/8	0 432	0 340	0 477	0 376
		3-16	0 826	0 673	0 910	0 720
		1-2	1 329	1 050	1 405	1 101
		5-8	1 898	1 480	2 108	1 708
		3-4	2 70	2 12	2 97	2 348
		1	3 53	2 87	4 00	3 09
V doble		3/4	1 883	1 30	1 881	1 404
		1	2 87	2 12	2 97	2 30
		1 1/4	3 82	2 80	3 91	3 09
		1 3/4	4 41	3 27	4 40	3 42
		2	7 13	5 01	6 65	5 14
		2 1/4	9 08	7 13	1 00	6 65
		2 3/4	11 28	8 27	10 48	8 08
		3	13 28	10 02	12 48	9 68
		3 1/4	16 32	12 00	16 00	12 48
		3 3/4	19 21	14 14	19 00	14 87
4	26 8	20 18	26 74	20 31		
4 1/2	35 3	26 53	35 91	28 23		
Bisel sencilla		1-4	0 408	0 321	0 445	0 353
		3-8	0 795	0 643	0 832	0 657
		1-2	1 213	0 966	1 330	1 051
		5-8	1 941	1 53	2 135	1 632
		3-4	2 419	1 91	2 60	2 10
1	4 03	3 18	4 43	3 60		
Bisel doble		5-8	1 125	0 888	1 261	1 073
		3-4	1 510	1 190	1 614	1 420
		7-8	1 947	1 53	2 079	1 634
		1	2 42	1 91	2 60	2 20
		1 1-4	3 53	2 78	4 23	3 35
		1 1-2	4 64	3 67	5 01	4 01
		1 3-4	6 60	5 11	7 00	5 61
		2	8 08	6 35	9 00	7 02
		2 1-2	10 10	7 54	1 45	11 48
		3	12 44	9 38	2 03	16 01

FIG. 5.7 ÁREAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS SOLDADURAS.

Señal	Detalle	T en pulgadas	CSA en cm ²	Profundidad real de soldadura en cm	CSA en cm ²	Profundidad de soldadura en cm	CSA en cm ²	Profundidad de soldadura en cm	CSA en cm ²
U Simple		1/2	1 052	0 878	1 188	0 911			
		3/4	2 00	1 500	2 200	1 750			
		7/8	2 53	2 00	2 70	2 100			
		1	3 08	2 44	3 40	2 60			
		1 1/4	4 33	3 41	4 70	3 70			
		1 1/2	5 71	4 50	6 20	4 90			
		1 3/4	7 23	5 70	7 90	6 27			
		2	8 88	6 98	9 77	7 60			
		2 1/2	12 66	9 98	13 92	10 80			
		3	16 97	13 38	18 67	14 70			
U Doble		1	2 58	2 01	3 08	2 42			
		1 1/4	3 80	2 78	4 31	3 31			
		1 1/2	4 82	3 58	5 43	4 28			
		1 3/4	5 81	4 43	6 74	5 31			
		2	7 43	5 88	8 81	7 02			
		2 1/4	8 81	6 32	9 81	7 58			
		2 1/2	9 32	7 34	11 17	8 81			
		2 3/4	10 70	8 43	12 90	10 11			
		3	12 12	9 58	14 98	11 47			
		3 1/2	15 41	12 18	18 90	14 58			
4	18 94	15 01	22 88	18 02					
4 1/2	22 31	17 88	28 58	21 10					
J Simple		1/2	1 161	0 818	1 277	1 007			
		3/4	1 684	1 320	1 852	1 480			
		1	2 204	2 00	2 90	2 20			
		1 1/4	3 34	2 88	4 12	3 28			
		1 1/2	4 58	3 94	5 48	4 38			
		1 3/4	5 88	5 03	7 02	5 58			
		2	7 93	6 38	8 72	6 87			
		2 1/4	9 82	7 58	10 58	8 28			
		2 1/2	11 48	9 02	12 98	9 92			
		V Doble		1	2 323	1 83	2 70	2 100	
1 1/4	3 02			2 22	3 38	2 67			
1 1/2	3 80			3 00	4 58	3 60			
1 3/4	4 70			3 70	5 84	4 44			
2	5 88			4 45	7 37	5 34			
2 1/4	6 83			5 23	8 97	6 28			
2 1/2	7 88			6 08	9 22	7 27			
2 3/4	8 78			6 82	10 93	8 30			
3	9 80			7 81	11 88	9 37			
3 1/2	12 32			9 71	14 78	11 68			
4	14 82	11 78	17 81	14 10					

FIG. 5.8 ÁREAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL DE LAS SOLDADURAS.

En la mayoría de los procesos de arco, se debe tomar en cuenta que el peso del metal de aporte antes de ejecutar la soldadura es mayor que cuando ya ha sido depositado en la unión, debido a pérdidas en los extremos no quemados, en el recubrimiento o escoria, por salpicadura, etc.

El consumo de metal acero de soldadura está en Kg. Por metro lineal de soldadura y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Peso del deposito (Kg/m)} = \frac{\text{Área de sección transversal (cm}^2\text{)} \times 0.78 \text{ (Kg/cm}^2\text{)} \times 30 \text{ cm.}}{10} = 23.4$$

La constante 0.785 es el peso en Kg. De 100 cm³ de acero. Los datos pueden servir para cualquier metal empleando su peso específico dividido entre 10.

Las pérdidas pueden representarse como una proporción y se denominan eficiencia del deposito y es la relación del peso del metal de aporte depositado en la unión, dividido entre el peso neto del metal de aporte que se consume, sin los extremos no quemados, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Peso del metal de aporte depositado (Kg.)}}{\text{Peso del metal de aporte necesario (Kg.)}} = \frac{\text{Rendimiento del metal de soldadura (\%)}}{100}$$

El rendimiento del metal de aporte, es la relación del peso del metal de aporte depositado dividido entre el peso bruto del metal de aporte que se usa, notándose la relación con la cantidad de metal de soldadura que se compra y puede variar del 50 al 100%, para distintos tipos de electrodos y metales de aporte

El electrodo recubierto es el que tiene mayores pérdidas. En el electrodo de alambre continuo el carrete se consume teniendo pérdidas por salpicaduras, en relación con el proceso y técnica de soldadura. En el arco sumergido el rendimiento se acerca al 100%, porque no existen las salpicaduras.

La forma más común de calcular el costo del metal de aporte se basa en el costo por metro de soldadura y se puede efectuar por la siguiente ecuación:

$$\text{Costo del electrodo (\$/m.)} = \frac{\text{Precio del electrodo (\$/Kg.)} \times \text{Metal de aporte depositado (Kg./m.)}{\text{Rendimiento del metal de aporte (\%)}}$$

A continuación se muestra algunos ejemplos de rendimiento de metal de aporte en la tabla (ver fig. 5.9) siguiente:

Tipo de electrodo y proceso	Rendimiento %
Electrodo recubierto para:	
Arco metálico sumergido 14" manual	55 a 65 %
Arco metálico sumergido 18" manual	60 a 70 %
Arco metálico sumergido 28" automático	65 a 75 %
Electrodo desnudo para:	
Arco sumergido	95 a 100 %
Electroslag	95 a 100 %
Arco metálico con gas	95 a 100 %
Electrodo con núcleo de fúndente para:	
Arco con núcleo de fúndente	80 a 85 %

FIG. 5.9 EJEMPLOS DE RENDIMIENTO DE METAL DE APORTE.

5.3.2. DATOS DEL COSTO.

Siempre es deseable calcular el costo de los electrodos en el trabajo que se va a ejecutar, a continuación se presentan unas tablas que pueden ayudar a calcular la cantidad y por tanto el costo de electrodos para uniones tipo en acero.

Medida del filete L (mm.)	Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura ⚡ (Aprox.)	Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura
3.0	22	12
4.5	50	29
6.5	85	48
8.0	135	75
9.5	195	108
12.5	345	193
16.0	538	300
19.0	773	433
25.0	1375	770

⚡ Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

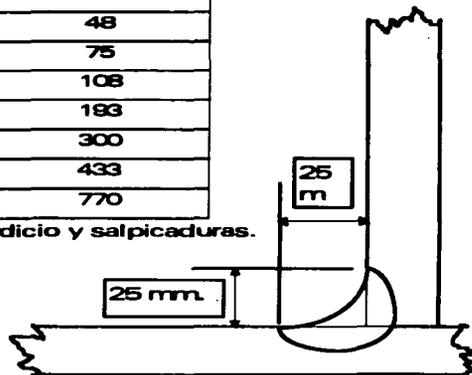
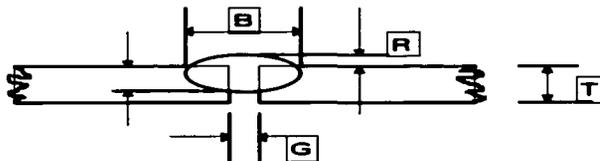


FIG. 5.10 CONSUMO DE ELECTRODOS EN SOLDADURAS DE FILETE HORIZONTALES.

En la figura anterior, para una soldadura de filete de 25 mm. Se necesitarían 1375 gramos de electrodo por cada 300 mm. De soldadura, pero en realidad sólo se depositan 770 gramos de acero por cada 300 mm.

Dimensiones de la unión (mm)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura ♦(Aprox.)		Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura	
T	B	G	Sin refuerzo	Con refuerzo♦♦	Sin refuerzo	Con refuerzo♦♦
4.5	9.5	0	-	73	-	40
		1.6	18	91	9	50
6.5	11.0	1.6	23	104	12	59
		2.4	32	118	18	65
8.0	12.5	1.6	27	122	15	70
		2.4	41	136	23	77



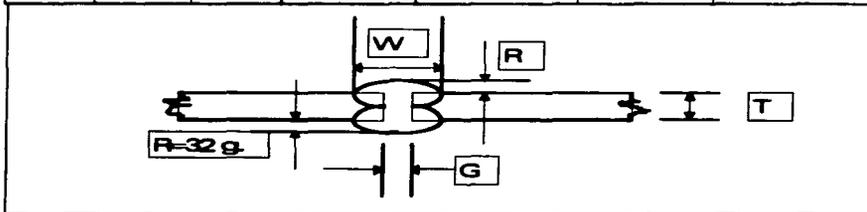
♦ Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras

♦♦ r - altura del refuerzo.

FIG. 5.11 CONSUMO DE ELECTRODOS EN UNIONES A TOPE, DE RANURA CUADRADA SOLDADAS EN UN SOLO LADO.

En este ejemplo se trata de una unión a tope con ranura de borde cuadrado, con una separación "G", esta unión se suelda por un solo lado, si el espesor "T" es de 8 mm. Y el cordón "B" es de 12 mm., con una separación de 2.4 mm., se requerirían 136 g. Por cada 300 mm. De electrodo, para un depósito de 77 g. De metal de soldadura.

Dimensiones de la unión (mm)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura ♣(Aprox.)		Gramos de acero depositado en 300 mm de soldadura	
T	B	G	Sin refuerzo	Con refuerzo♣♣	Sin refuerzo	Con refuerzo♣♣
3.0	6.5	0	-	95	-	54
		0.8	14	109	6	60
4.5	9.5	0.8	18	163	9	90
		1.6	32	177	18	99
6.5	11.0	1.6	45	213	24	118
		2.4	64	240	36	131



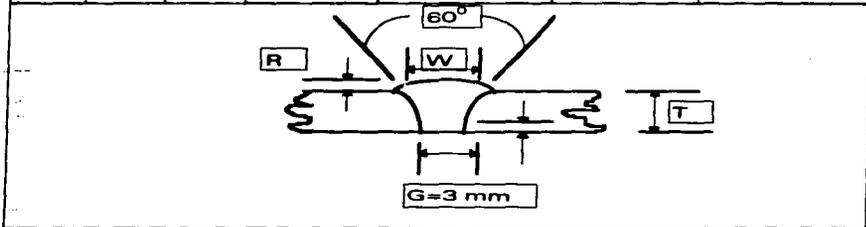
♣ Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

♣♣ r - altura del refuerzo.

FIG. 5.12 CONSUMO DE ELECTRODOS EN UNIONES A TOPE DE RANURA CUADRADA SOLDADAS EN AMBOS LADOS.

En este ejemplo el espesor "T" es de 6.5 mm. Y el cordón es de 11 mm., con una separación de 2.4 mm., se requieren 240 g. Por cada 300 mm. De electrodo, para un deposito real de 131g. (Con refuerzo).

Dimensiones de la unión (mm)			Gramos de electrodo requeridos en 300 mm de soldadura ♣ (Aprox.)		Gramos de acero depositados en 300 mm de soldadura	
T	B	G	Sin esfuerzo	Con esfuerzo ♣♣	Sin esfuerzo	Con esfuerzo ♣♣
6.5	5.5	1.6	68	114	39	65
8.0	8.0	2.4	141	209	78	117
9.5	10.5	3.0	226	318	128	179
12.5	14.0	3.0	395	622	222	291
16.0	18.0	3.0	612	762	342	437
19.0	21.5	3.0	880	1066	494	699
25.0	29.0	3.0	1565	1815	875	1015



♣ Incluye pérdidas por desperdicio y salpicaduras.

♣♣ r - altura del refuerzo.

FIG. 5.13 CONSUMO DE ELECTRODO EN UNIONES A TOPE EN V.

FÚNDENTE.

Cuando se usa fúndente se debe agregar su costo al de los materiales utilizados, el costo del fúndente se puede relacionar con el peso del metal depositado y calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$\text{\$ Fúndente (\$/m)} = \frac{\text{\$ Fúndente (\$/Kg)} \times \text{Deposito de metal de aporte (Kg/m)}}{\text{X Relación del fúndente}}$$

En el proceso de soldadura de arco sumergido, generalmente se usa un Kg. de fúndente por cada Kg. de electrodo de alambre depositado, constituyendo una relación de 1 X 1, esta relación puede diferir en cada uno de los procedimientos de soldadura y con los distintos tipos de fúndente.

Para calcular los costos se puede usar la relación de 1 X 1, sin embargo, para mayor exactitud, se deben correr pruebas con cada fúndente que se use, variando la relación de 1 hasta 1.5.

GAS DE PROTECCIÓN.

Cuando se usa gas de protección su costo se debe agregar al de los materiales, este costo se relaciona con el tiempo necesario para efectuar la soldadura, generalmente se usa un flujo especificado y se mide en m³ por hora, la cantidad de gas usada, sería el producto del tiempo necesario para ejecutar la soldadura por la velocidad del paso del gas y se puede calcular por la siguiente ecuación:

$$\text{Costo del (\$/m) gas} = \frac{\text{Precio del gas (\$/m}^3\text{) X Velocidad de flujo (m}^3\text{/hr)}}{\text{Velocidad del recorrido de soldadura (m/hr) X 5}}$$

La velocidad de flujo del gas se especifica en el procedimiento de soldadura o se puede medir con un medidor de flujo. Cuando se calcula el costo de hacer una soldadura de punto, una soldadura pequeña o para una parte estrecha, se usa el costo del gas por minuto de operación. Éste se basa en el tiempo necesario para ejecutar la soldadura y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Costo del gas (\$/soldadura)} = \frac{\text{Precio del gas X Velocidad de flujo X Tiempo de soldadura (\$/m}^3\text{) (m/hr) (min.)}}{60}$$

TIEMPO Y MANO DE OBRA NECESARIOS.

El costo de la mano de obra necesaria para efectuar una soldadura, es el mayor factor unitario en el costo total de una soldadura. Para determinar la cantidad de

tiempo indispensable para ejecutar una soldadura, se utiliza como base la cantidad de metal de aporte necesario o la cantidad de deposito de soldadura,

El tiempo normalmente es la base para el pago de los soldadores, con una tarifa por horas o sobre la base de las soldaduras ejecutadas, mediante una tarifa por metro para distintos tamaños de soldadura o el número de piezas soldadas. La base para calcular el costo de mano de obra en pesos por metro puede darse por la ecuación:

$$\text{Costo de mano (\$/m) de obra} = \frac{\text{Tarifa de pago al soldador (\$/hr)}}{\text{Velocidad del recorrido (m/hr)} \times \text{Factor operador (\%)} \times 5}$$

El factor operador es el mismo que el ciclo de la jornada, siendo el porcentaje del tiempo de arco contra el tiempo total pagado y éste se puede calcular en base a los siguientes datos, donde se muestra la relación del factor operador con el método de aplicación de la soldadura:

Método de aplicación	Factor operador en % (ciclo de jornada)
Manual	5 - 30
Semiautomático	10 - 60
Automático	50 - 100

FIG. 5.14 FACTOR OPERADOR EN %.

5.3.3. COSTOS DIVERSOS.

Los propósitos principales que tiene la estimación de los costos de soldadura son:

- A) Proveer información para usarla en la preparación de ofertas de trabajo.

B) Averiguar si un producto propuesto puede ser fabricado y vendido con utilidades, considerando los precios existentes y la competencia a futuro.

C) Reunir datos para tomar decisiones, en el sentido de que partes y componentes conviene fabricar o comprar.

D) Determinar el método, proceso y materiales a emplear en la fabricación de un producto de mejor calidad y menor costo.

E) Establecer la base de un programa de reducción de costos que muestre el ahorro que puede obtenerse con el cambio de métodos de aplicación, equipo, proceso y materiales de soldadura.

F) Predecir el efecto que tendrían los cambios en el volumen de producción sobre la utilidad, si una planta se mecanizará o se automatizará.

G) seleccionar el equipo, los procesos y métodos de aplicación más adecuados para realizar un proyecto específico.

El costo total de soldadura aparte de incluir los de los electrodos y materiales de base, tubos guía, boquillas, electricidad, etc., deben incluir otros renglones, dentro de los cuales se pueden comprender:

GASTOS INDIRECTOS.

Dichos gastos pueden incluir por ejemplo, la renta o depreciación del equipo de la planta, como las máquinas soldadoras, equipo de manejo de materiales, grúas aéreas y todo el equipo que esté directamente cargado a determinada construcción soldada, gastos de mantenimiento, limpieza, soportes especiales para apuntalar y sujetar, etc.

Estos costos se prorratan entre el trabajo que se ejecuta en la planta, mediante un sistema para el manejo de estos gastos, distribuyéndolos entre todos los trabajos de soldadura de una u otra manera..

Los gastos indirectos generalmente se prorratan de acuerdo con los costos directos de mano de obra, contra los distintos trabajos de soldadura, al utilizar este sistema es esencial contar con costos exactos de mano de obra para las construcciones soldadas.

A veces los gastos indirectos se controlan por separado y no se incluyen en la tarifa de los soldadores, en este caso, se pueden usar las mismas ecuaciones utilizadas para determinar el costo del gas por soldadura o el costo de mano de obra por metro, pero el factor de gastos indirectos se sustituye en la tarifa del soldador y ambos se calculan en pesos por hora.

Para soldadura en un solo paso, se puede considerar la siguiente ecuación:

$$\text{Gasto indirecto } (\$/m) = \frac{\text{Gasto indirecto } (\$/hr.)}{\text{Velocidad de recorrido (m/hr) X Factor operador (\%)}}$$

Donde el ciclo de jornada y el factor operador no se modifican.

Para soldadura en pasos múltiples se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Gasto indirecto } (\$/M) = \frac{\text{Factor de gasto indirecto } (\$/hr) \times \text{Peso del deposito de metal de aporte (Kg/m)}}{\text{Velocidad de deposito (Kg/hr) X Factor operador (\%)}}$$

El costo de la energía eléctrica se puede considerar parte de los gastos indirectos, aunque, cuando es necesario comparar procesos competitivos de manufactura o de soldadura se sugiere incluir éste costo como directo dentro de los cálculos, siendo más frecuente en la soldadura de campo y no en los talleres de soldadura de grandes construcciones. En este caso se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Costo de energía eléctrica } (\$/m) = \frac{\text{Tarifa de energía eléctrica } (\$/Kw/h) \times \text{Volts X Amperes X X Factor operador (\%)}}{1000 \times \text{Velocidad de deposito (Kg/hr)}} \times \frac{\text{Peso del metal depositado (Kg/m)}}{\text{X Eficacia de la fuente de energía (\%)}}$$

La tarifa local de energía eléctrica se basa en la cantidad cobrada, en este caso por la Compañía de Luz de la localidad y si se incurre en gastos indirectos por tiempo, factor de potencia, etc., éstos se deben incluir.

Los volts y los amperes son los valores que se usan para ejecutar las soldaduras, el peso del metal es el peso del metal de aporte que se deposita, la velocidad del deposito y el factor operador se pueden determinar mediante las fórmulas vistas anteriormente, el factor final es la eficiencia de la fuente de poder y se puede encontrar por la curva de operación de la máquina.

Resumiendo los costos de soldadura se obtienen sumando los elementos principales de costos, los cuales son:

- Costo de materiales: metales de aporte, fúndente, gas, etc.
- Costos de mano de obra: mano de obra directa.
- Gastos indirectos: normalmente prorratados con la mano de obra directa.

5.3.4. REDUCCIÓN DE COSTOS.

El desconocimiento de las técnicas básicas de uso, la capacitación insuficiente o no actualizada y los ahorros mal entendidos, a menudo originan costos elevados de fabricación.

La especial atención que requiere la reducción de costos sin menoscabo de la calidad en la producción y que ésta resulte costeable en cuanto a su fabricación.

Por ejemplo, la soldadura por arco es una operación de mano de obra intensa y es económica cuando las técnicas disponibles son aplicadas adecuadamente, pero cuando los principios básicos de diseño tecnológico son ignorados, la soldadura resultante puede ser terriblemente ineficiente y extremadamente costosa.

Muchas de las ideas de reducción de costos comienzan en la etapa de diseño y continúan en la fase de producción. El uso racional de la soldadura y su

aplicación adecuada, permitirán a los fabricantes un menor costo de producción al reducir el consumo de materiales de aporte, el tiempo de mano de obra, los costos asociados a la fabricación y los costosos retrabajos.

Todo ello, al incorporar una nueva cultura organizacional, la sistematización de sus procedimientos y una labor de reingeniería en sus diseños, de esta forma se obtiene un incremento en su productividad. A continuación se revisaran algunos conceptos básicos de reducción de costos;

1.- Revisar la concordancia del proceso con el diseño: el diseño inicial del proceso incluyendo la etapa de limpieza, asegura soldaduras sanas y el establecimiento de ajustes adecuados de los parámetros de soldadura, asegura la calidad de los cordones, con mejores resultados de resistencia a la tensión y con una importante reducción de costos.

2.- Eliminar el proceso de soldadura siempre que sea posible: el diseño de soportes integrales o el aprovechamiento de sujeción por tornillería existente, representan oportunidades valiosas para reducir costos.

3.- Seleccionar adecuadamente los materiales de aporte: con argumentos de menores precios, suministro oportuno, etc., productos de baja calidad entran al mercado, como los electrodos que en su desempeño funcional tiran por la borda cualquier ahorro esperado, por la interrupción del arco durante su aplicación o la dificultad mayor para remover la escoria.

4.- Adecuar el tamaño de los cordones a las cargas: para determinar el tamaño adecuado del cordón, las cargas transferidas a través de los depósitos de soldadura deben ser conocidas (calculadas).

5.- Use cordones de menor tamaño de pierna, pero de mayor longitud: la capacidad de un cordón tipo filete es proporcional al tamaño de la pierna por la longitud, un cordón tipo filete con 1/2" de pierna y una longitud de 6", puede tener la misma capacidad que un cordón de 1/4" de pierna y una longitud de 12", sin embargo, el filete de 1/2" requiere el doble de metal depositado que el filete de menor tamaño. Para la misma resistencia, los

cordones tipo filete son siempre más económicos cuando se hacen en longitudes mayores, con menores tamaños de pierna.

6.- Usar la menor cantidad posible de metal depositado en la junta: generalmente es mejor emplear los diseños de junta que minimizan la cantidad aplicada de soldadura. En los diseños de ranura, las placas más delgadas se unen a menor costo cuando hay una pequeña abertura de raíz y un ángulo mayor, en placas de mayor espesor con una abertura de raíz mayor y un ángulo incluido menor, generarán una junta que requiera una menor cantidad de soldadura. Las preparaciones de ranura J o U son más económicas conforme el volumen de soldadura requerido aumenta.

7.- Optimizar la disposición geográfica de ensamblajes: algunos diseños se presentan para una variedad de opciones, para cortar y ensamblar los componentes, aquí se debe buscar siempre la opción o alternativa más eficiente y de menor costo.

8.- Conseguir un buen ajuste: el obtener un buen ajuste es crítico para controlar los costos de soldadura, para un buen ajuste en forma consistente, se debe hacer mayor énfasis en las operaciones de corte que en las de punteo. Un buen corte puede asegurar que las partes ajustarán apropiadamente.

9.- Considerar el costo de preparación de la parte: las operaciones que requieren para cortar, biselar y cualquier forma de preparar juntas tipo ranura, antes de la aplicación de la soldadura son costosas, por ello se debe buscar métodos económicos con los cuales la preparación de las juntas resulte confiable y productiva. Sistemas de arceado automático pueden preparar rápida y económicamente estos tipos de juntas.

10.- Seleccionar apropiadamente el proceso de soldadura: antes de costosas inversiones en equipo de mayor capacidad o última tecnología, se debe revisar la versatilidad de sus instalaciones, a menudo, es posible utilizar los equipos existentes en condiciones diferentes a su capacidad nominal, siempre y cuando se tenga presente el cuidado de su ciclo de trabajo.

Éstos son sólo algunos ejemplos de la forma en que se puede contribuir a la reducción de costos, así como la imaginación, la inventiva y la observación analítica de los métodos tradicionales, redundarán sin duda en innovaciones de mejoramiento continuo.

5.4. CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA.

Los requerimientos propios del uso a que se destina un producto o servicio, determinan el grado de calidad que los debe satisfacer en su adecuación al uso. Por lo general, la dirección general de la empresa fija determinado nivel de calidad en función del costo, el valor y la importancia del producto en el mercado. Así, la calidad del diseño se apoya en las características que definen la calidad del producto, en tanto que la calidad técnica obedece a exigencias y medios de control.

El Control de Calidad es supervisar la calidad del producto de acuerdo con las características de un diseño predeterminado y a las características técnicas, de acuerdo con el grado de conformidad existente entre las especificaciones del proyecto y la calidad resultante de la fabricación.^{*REF.}

Actualmente lo más común, es el control estadístico, el cual permite verificar el proceso y corregir antes de terminar la producción, influyendo sobre medidas patrones que permiten detectar el defecto, obtener la calidad con el mejor rendimiento y reducir al máximo los costos. La calidad del producto, involucra la responsabilidad de todos los actores de la organización:

a) La dirección como auténtico creador y mentalizador de una buena calidad en toda la estructura empresarial.

b) Los departamentos técnicos de diseño y desarrollo al orientar su actividad a una excelente concepción de la calidad del producto.

^{*REF.} Definición tomada de pag. 157, Curso para Supervisores de Producción, César Ramírez Cavassa.

c) Los departamentos comerciales por adquirir las materias primas y los demás componentes en mejores condiciones de calidad. Ventas al tratar de colocar sus productos en el mercado con una calidad determinada e informando a los responsables del diseño y fabricación.

d) Fabricación es el responsable de la calidad y debe tener en cuenta que calidad, costos y cantidades son tres aspectos por conjugar en una producción.

El control de calidad debe estar orientado a los siguientes aspectos:

Control de calidad del diseño: estudia y define las características, niveles de calidad del producto, establece estándares de los elementos de confirmación y grados de acabado, estudia el procedimiento y determinación de métodos, analiza la capacidad operativa de los equipos y determinación de los instrumentos de control.

Control de la aceptación: define las normas de control para con los diversos proveedores, a fin de que los resultados de inspección de los insumos y la verificación de entrada sea lo más justa posible.

Control del proceso: estudia los diversos procesos de ejecución, analiza las desviaciones respecto de las especificaciones, propone medidas correctivas, prepara al personal y aplica al día las nuevas técnicas.

Control del producto: controla la calidad del producto acabado, mantiene los estándares de calidad precisos, analiza las quejas de los clientes, define sus causas y analiza las estas para mantener.

Al aumentar la calidad aumenta el precio del producto; por otro lado, el mercado está dispuesto a pagar más, hasta cierto límite, por un producto mejor.

Entendida la calidad como un servicio al cliente, ésta se produce gracias a un proceso largo, paulatino, creativo, libre, en el cual las personas ponen en juego la plenitud de sus facultades para el logro del servicio propuesto. La estadística para el control, el control para la calidad y la calidad para la competitividad, son aspectos ejercidos por el hombre.

El beneficio de este sistema se ve reflejado en ciclos de desarrollo del producto más cortos, calidad mejorada y reducción de los costos.

En este caso, será la continuidad de un metal a través de la soldadura, él que deberá tener una resistencia tan eficaz al menos como la del metal base, por ello:

Calidad de soldadura: para algunas clases de trabajos, existen requisitos establecidos acerca de la calidad de la unión soldada, éstos hacen necesario redactar un programa de control de calidad, que normalmente se encuentran en códigos, para asegurar la calidad, basados en los aspectos técnicos y de manufactura del producto. Dicho programa debe asegurar una calidad adecuada desde el diseño, la adquisición y la puesta en marcha, definiendo responsabilidades y por supuesto las autoridades para cada parte del trabajo.

Confiabilidad de soldaduras: la demanda de productos más confiables es cada vez mayor y ésta confiabilidad se adquiere al probar las uniones soldadas que han sido bien practicadas. La calidad de las soldaduras o el buen estado de éstas, no se va a lograr con la aplicación de un control de calidad después de que fueron practicadas, ni aplicándoles las pruebas no destructivas, sino al tener el control del proceso a seguir, por tanto, la seguridad en la construcción de uniones soldadas NO ha de confiarse por entero a la pericia y responsabilidad profesional del operario soldador.

5.4.1. DESARROLLO DE SISTEMAS DE CALIDAD PARA SOLDADURA.

El sistema de control de calidad para soldadura empieza cuando se inicia con la primera exploración o evaluación de los alcances del producto y se formulan los criterios aplicables al producto, para lograr una calidad consistente.

Los clientes demandan calidad, consistencia y entrega justo a tiempo, por lo que se ha incrementado la necesidad de controlar sistemas de tiempos reales para los

procesos de fabricación, incluyendo sus inspecciones y la corrección de sus defectos.

La entrada de ISO-9000 en el ámbito global, ha creado necesidades para el control de procesos en compañías comprometidas con el comercio internacional y en forma adicional la mayoría de las compañías exigen actividades similares de sus proveedores. El concepto básico de ISO-9000, es desarrollar sistemas para asegurarle al cliente que los estándares establecidos se cumplen en forma consistente.

FACTORES CLAVE.

Conseguir una soldadura de calidad por medio de un sistema desarrollado de calidad, está más allá de un simple ejercicio en la aplicación de la tecnología de la soldadura. El sistema debe incluir el manejo sucesivo de 5 factores claves, que bien dirigidos y con objetivos perfectamente definidos, son:

1.- Medio ambiente social: se refiere al entorno que rodea el trabajo y a la cultura de la organización, es el más complejo e importante de los cinco, abarca consideraciones organizacionales, conocimiento de los valores y la misión de la organización, tipo de dirección, confianza mutua, respeto y trabajo en equipo, por mencionar algunos conceptos.

Puede ser el causante de no permitir la individualidad para lograr la calidad o el impedimento del desarrollo de las capacidades individuales y de la motivación. Los empleados deben ser capaces de comunicar e integrar efectivamente sus conocimientos y experiencia dentro de situaciones corrientes de trabajo.

El cambio no puede darse en forma forzada sobre los empleados, éstos deben tener la disposición por el cambio, siendo responsabilidad de la dirección crear el ambiente propicio, para que los empleados se motiven ellos mismos.

2.- Capacitación: cada departamento o las funciones e individuos que lo forman, deben contribuir con ciertos elementos que conducirán al éxito y a la calidad de una soldadura, para que esto surja, la capacitación debe residir en el interior de la empresa y ser reconocida como importante, además de que se ofrezca a través de vendedores o consultores. Los empleados deben aprender muchas cosas nuevas, habilidades no técnicas, habilidades que no hayan tenido oportunidad de practicar, esto incluye, pero no está limitado a:

- A) Comunicación y equipo de trabajo.
- B) Lluvia de ideas para resolver problemas.
- C) Elaboración de reportes cuantitativos.
- D) Elaboración de reportes de costos de calidad.
- E) Toma de decisiones acerca de presupuestos.
- F) Resolución de problemas sobre nuevas asignaciones de trabajo o nuevos competidores.

La destreza y entrenamiento es crítico, no sólo deben ser capaces de llevar a cabo sus funciones individuales de trabajo, deben ser capaces de reconocer las necesidades de otras actividades, medir los resultados, evaluar los problemas, entender y emprender acciones correctivas, comunicarse con los demás miembros del grupo.

La gente debe saber transmitir sus conocimientos, producir, cambiar y mejorar continuamente, fomentar el crecimiento individual y el desarrollo de equipos de trabajo. La capacitación se extiende desde su punto primario, que es el individuo, hasta obtener un enfoque de equipos de trabajo que funcionen efectivamente.

3.- Métodos: para conseguir resultados consistentes en la planeación del método de fabricación, el desarrollo y manejo de la destreza en los empleados debe ser un objetivo a conseguir, así como la delegación de responsabilidades a departamentos relacionados, de varias partes del sistema total de fabricación.

Considerando las expectativas y necesidades del cliente, el diseño traslada éstas al taller, partes por recibir, equipos, herramientas e instrumentos de medición, procesos de soldadura y materiales, métodos de verificación, capacitación y entrenamiento de los soldadores.

Los métodos de control requieren una clara definición de resultados con mediciones efectivas y grados de control que permitan que el proceso se lleve de acuerdo a lo planeado.

4.- Equipos y accesorios: un adecuado funcionamiento requiere el equipo más apropiado (no necesariamente el más moderno), tales como posicionadores o fijadores, mesas de trabajo, instrumentos de medición, extractores de humo, equipo de protección individual, etc.

Y factores como la calidad del aire, el ruido, materiales de desperdicio, deslumbramientos, deben tomarse como parte del plan de equipamiento, que se suman a la planta físicamente, considerando cada detalle y herramienta para asegurar una calidad conveniente.

También debe considerarse el suministro adecuado de partes consumibles, tales como tubos de contacto y guías para procesos de soldadura semiautomáticos, los accesorios deben ser diseñados o adaptados donde sea posible mejorar las tareas o los trabajos.

5.- Materiales: la correcta combinación de placas base, espesores de las partes, condición de la superficie, tamaños de las partes, alambres de soldadura, gases y fundentes, aseguran la calidad de los productos.

El soporte y la cooperación de toda la gente involucrada en el manejo y procesamiento de los materiales, antes, durante y después de la soldadura es muy importante, así como los empleados del departamento de recepción de materiales y producción, deben conocer las reglas del juego para contribuir a la calidad de la soldadura final y estar comprometidos con el cumplimiento continuo de tales reglas.

PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD.

Una vez que el diseño ha trasladado las necesidades y expectativas de los clientes, así como los requerimientos contractuales a detalles del taller, sigue la planeación de partes, accesorios, herramientas e instrumentos de medición, procesos de soldadura y materiales, capacitación y entrenamiento de los soldadores, así como los métodos de verificación.

El equipo de producción deberá intentar planear muchos de estos elementos como parte del proceso de diseño.

Se exigen especificaciones de diseño y calidad tan, claras y concretas como sea posible. El diseño de las juntas a soldar debe ser el apropiado para el tipo de carga y medio ambiente de servicio, el tamaño excesivo de soldadura es costoso y puede crear distorsiones en los materiales.

De acuerdo con la norma AWS A-2.4, todas las soldaduras deben estar definidas por símbolos de soldadura, que permitan al diseñador comunicarse con el fabricante, proporcionando elementos para una verificación de calidad y llevar a cabo una evaluación de servicio.

Las funciones del diseñador incluyen: especificar los materiales, proporcionar la mejor combinación de costos y funcionamiento, tomar ventaja de las habilidades y destrezas de la gente de producción para favorecer la fabricación del producto.

Las partes proporcionadas a los soldadores deben cubrir todas las especificaciones del tipo de material, condiciones de superficie, dimensiones e identificación correspondiente, tolerancias reales que contribuyan a la calidad del producto final.

El mantenimiento que se realiza a las instalaciones y equipo debe ser prioritario, las fallas que se encuentran sobre el producto resultarán en una pérdida de resistencia de la soldadura y un costo inevitable. La siguiente tabla muestra la relación entre los 5 factores clave de la calidad y los 5 factores clave de la planeación (ver figuras: 5.15, 5.16, 5.17 y 5.18).

Fase del ciclo productivo	Exploración	Diseño
Medio ambiente	El producto cubre las necesidades del mercado	Se trabaja en forma directa y conjunta con el usuario final
Capacitación	Está dirigido hacia las necesidades del mercado	Los diseñadores conocen y entienden de manufactura y soldadura
Métodos	Permiten soportar nuevos productos	Los cálculos se basan en prácticas pasadas y/o en el análisis de esfuerzos
Equipos		Se utiliza y/o considera un sistema autocod
Materiales	Se consideran materiales con doble función y/o alternativos	

FIG. 5.15 TABLA FACTORES CLAVE EN EL CICLO PRODUCTIVO.

Fase del ciclo productivo	Ingeniería de Manufactura			
Medio ambiente	Acepta el flujo de ideas de todos los depts.	Se aprecia el elemento de la producción		
Capacitación	El ingeniero de manufactura conoce las herramientas empleadas en la soldadura	Se desarrollan métodos y procesos efectivos y de aumento de la productividad		
Métodos	Se consideran nuevos procesos de soldadura	Se mejoran las tolerancias usando partes de fijación	Se usan procesos de soldadura, técnicas y juntas adecuadas	Optimización del procedimiento de trabajo incrementa el factor de operación
Equipos	Se evalúan las máquinas y sus capacidades	Los equipos se colocan de acuerdo a la distribución y al flujo de partes		

Materiales	Se analizan los materiales para reducir humos, salpicaduras y gases para mejorar el medio ambiente del taller			
-------------------	--	--	--	--

FIG. 5.16 CONTINUACIÓN TABLA FACTORES CLAVE.

Fase del ciclo productivo	Producción		Aseguramiento de calidad
Medio ambiente	Los soldadores tienen voz en las decisiones		
Capacitación	Los soldadores ajustan los parámetros de soldadura para lograr la calidad requerida	La gente ha sido entrenada en los métodos y procesos que usa	Se capacita a la gente en la inspección de soldaduras
Métodos			La verificación se define en el método y los procedimientos
Equipos	Está el equipo adecuado y en su lugar	Se tiene definido un programa de mantenimiento preventivo	Existen las herramientas y los instrumentos de medición asociados
Materiales	Están las partes y los consumibles disponibles donde se necesitan		

FIG. 5.17 CONTINUACIÓN DE TABLA FACTORES CLAVE.

Fase del ciclo productivo	Recepción de materiales	Servicios
Medio ambiente		Las necesidades de los clientes se cubren rápida y satisfactoriamente
Capacitación		Las fallas se identifican desde la causa que las originó, existe un método o procedimiento para acciones correctivas y su correspondiente seguimiento
Métodos	Existe una adecuada evaluación de los orígenes de los materiales	
Materiales	Se encuentran claramente especificados los requerimientos a cubrir por los materiales	

FIG. 5.18 CONTINUACIÓN DE TABLA FACTORES CLAVE,

El uso rudo del que son objeto los accesorios de sujeción de soldaduras, exigen de éstos una verificación más frecuente y más exhaustiva, a la vez que un mantenimiento mayor que las máquinas simples sujetadoras.

Se debe suministrar al soldador las herramientas manuales y equipos de soporte necesarios para cumplir el proceso. También el uso de instrumentos de medición individuales para checar la parte final de las soldadura, para comprobar que el proceso planeado es aceptable, proporcionando una verificación que dará evidencia de cualquier deficiencia (en sujetadores o equipos de sujeción) y fallas en cualquier parte del proceso.

Los cambios de electrodos de soldadura o alambres y el gas de protección, puede tener un impacto significativo sobre la calidad, esto exige la utilización de los procesos de soldadura y materiales adecuados en la aplicación de una soldadura.

El control de los procesos de soldadura ofrece retos especiales por el número de variables de los mismos y los procesos manuales o semiautomáticos ofrecen mayores desafíos con respecto a los procesos automáticos, donde las variables se controlan sobre la misma máquina, por esto, el deseo de impulsar la automatización de los procesos de soldadura.

La planeación del sistema de producción, empezando por la fase de exploración y continuando con el campo de realización de evaluaciones, necesita un equipo de trabajo que aproveche y tome ventaja de los conocimientos (capacitación y habilidades) de la gente involucrada.

Los miembros del equipo de trabajo deben conocer como desempeñarse efectivamente en conjunto, ya sea con clientes y proveedores como una necesidad de incrementar la información y como un soporte adicional necesario de capacitación externa.

APLICACIÓN DE LA CAPACITACIÓN Y EL ENTRENAMIENTO: Un sistema de calidad efectivo considera la capacitación y el entrenamiento de los soldadores, de forma práctica y desarrollando algunos conocimientos como la implementación de un proceso específico, lectura correcta de dibujos y símbolos de soldadura.

Las especificaciones de procedimientos de soldadura calificados, proporcionan a los clientes la seguridad de ésta se realiza conforme se ha planeado, cubriendo todos los requisitos del contrato. A menudo se exigen procedimientos de soldadura certificados.

Los soldadores deben ser capaces de obtener y medir resultados, evaluar problemas, emprender acciones correctivas y de comunicarse eficientemente con los miembros del equipo. La capacidad para reconocer desviaciones o discrepancias a lo planeado y la de comunicarlo oportunamente a los demás, la de reconocer y aceptar las contribuciones o aportaciones de todos los miembros del equipo, es una exigencia de la época actual.

El entrenamiento y calificación proporciona las bases para obtener una soldadura de calidad, logrando los resultados planeados.

LOS CAMBIOS REQUIEREN DE BUENA COMUNICACIÓN: el fracaso para comprometer y darle entrenamiento a toda la gente involucrada, influye en los resultados de la soldadura, comprometiéndola la mayoría de los propósitos de calidad y las mejoras de productividad. Por esto los soldadores y supervisores

deben dar las razones para la selección de los cambios, para motivar su aceptación y apoyar el cambio.

Una buena comunicación y la participación del personal administrativo, explica a todos los empleados las razones para los cambios, beneficios para los empleados y para la compañía, la motivación ayuda a los empleados a querer cambiar y porque es necesario el cambio.

VERIFICACIÓN Y CONTROL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA CALIDAD: para minimizar las áreas de inspección, las especificaciones de calidad de soldaduras deberán estar definidas, no solamente en códigos o en términos de un contrato, sino también en términos de expectativas del cliente.

Como un ejemplo, el código de soldadura estructural de AWS puede permitir socavados de 0.06", pero muy pocos clientes podrían aceptar esta dimensión. Estas áreas deberían discutirse y resolverse rápidamente en el establecimiento del contrato, pero a menudo se permite que sea resuelto sobre el mismo embarque.

Una forma efectiva de comunicar los estándares de calidad es construir un modelo de producción y ejemplificar la calidad de las soldaduras. Estos ejemplos se colocarían sobre el piso de producción, donde soldadores, supervisores, inspectores y clientes pueden verlos y compararlos con respecto a la calidad de la soldadura de la muestra y la de la soldadura que se está produciendo.

BENEFICIOS DEL SISTEMA: en una organización de éxito, su personal es gente de éxito, pues tiene un medio ambiente conducido y motivacional, así mismo la capacitación es suficiente y se tienen disponibles accesorios, métodos y materiales.

Todos los empleados aprenden a comunicarse de tal forma que envían mensajes y los pueden recibir en la misma forma, además del respeto de las habilidades individuales, éstos factores son esenciales para alcanzar una tecnología avanzada y una completa competencia dentro del actual clima de globalización.

Los factores clave de como llegar a ser un líder en el futuro, son el desarrollo de la organización enfocado hacia la calidad, que entienda y aplique los sistemas necesarios para lograr los resultados planeados.

5.4.2. DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA.

Las discontinuidades son imperfecciones en soldadura, una soldadura ideal no debe tener ninguna discontinuidad, pero las soldaduras no son perfectas y las imperfecciones existen en varios grados, pero cualquier interrupción en la estructura física uniforme o configuración de una parte, es una discontinuidad.

Una soldadura perfecta debe consistir de un patrón uniforme de átomos, ordenados línea sobre línea en un conjunto perfecto.

Las discontinuidades se pueden presentar como fracturas, poros, etc. y se les clasifica en internas y externas, éstas últimas según su naturaleza, son superficiales o sub-superficiales, dentro de las más comunes se encuentran:

1.- **Fracturas:** es la separación de una parte de tamaño indeterminado en la estructura homogénea del metal de soldadura o del metal base, y se le considera como el más grave entre los defectos de las uniones soldadas.

Las fracturas ocurren en la soldadura o en el metal base, cuando las tensiones localizadas exceden resistencia del material. Generalmente están asociadas con discontinuidades en las soldaduras y en el metal base, con cortes, con altas tensiones residuales y fragilización por hidrógeno, según su aspecto externo se pueden presentar las siguientes fracturas;

a) **Fracturas en la base o en el pie de la soldadura, generalmente tienen una profundidad considerable.**

b) **Fracturas radiales**, se presentan principalmente en el cráter de la soldadura y no son muy profundas.

c) **Fracturas longitudinales**, se encuentran paralelas a lo largo de la soldadura.

d) **Fracturas transversales**, son perpendiculares a lo largo de la soldadura.

e) **Fracturas de garganta**, es una fractura longitudinal a la cara de la soldadura.

f) **Fractura de raíz**, son generalmente longitudinales en la raíz de la soldadura.

2.- Poros y Cavitaciones: la porosidad es un defecto que se origina por el gas atrapado en la masa metálica de la soldadura, cuando se encuentra en estado de fusión o semi fusión y puede localizarse en las fundiciones de metales ferrosos y no ferrosos.

Las cavitaciones se presentan cuando el gas de protección queda atrapado en el metal líquido, generalmente tienen formas esféricas y asemejan pequeños túneles que no son tan críticos como las grietas, debido a su forma esférica no se hacen mayores, sin embargo los códigos distinguen cierta cantidad de éstos defectos en áreas determinadas.

Las cavitaciones usualmente ocurren en forma de discontinuidad esférica, pero pueden tomar la forma de un hoyo cilíndrico y su presencia puede ser una señal de que el proceso de soldadura no está apropiadamente controlado o que en el proceso de soldadura hubo una contaminación.

3.- Inclusión de sólidos: Una de las funciones del recubrimiento del electrodo es crear un fenómeno de densidades, para que los componentes ajenos a la unión metálica de soldadura no queden dentro de ésta y

posteriormente se puedan remover como escoria. Cuando existen demasiados elementos ajenos a la soldadura se presenta este fenómeno, pues el recubrimiento es incapaz de limpiar tal cantidad de elementos, entonces el metal líquido solidifica y es cuando este defecto aparece.

Las inclusiones se producen cuando los materiales sólidos están atrapados en el metal solidificado, interrumpiendo la continuidad de la unión soldada y éstas pueden ser metálicas o no metálicas, resultando alguna pérdida de la integridad estructural.

4.- Falta de penetración: la carencia de un chafán necesario, ocasiona que el metal depositado no alcance a penetrar hasta la raíz del metal, presentándose el defecto y afectando la calidad de la soldadura. Cuando el espesor de las partes a unir es considerablemente grande, normalmente se hace un chafán de tal forma que la soldadura penetre completamente en estos metales, dependiendo el chafán de las características mecánicas a las cuales se va a someter la junta.

Una modalidad de esta discontinuidad es la fusión incompleta, falla en la cual el metal de aporte se funde parcialmente con el metal base, es causada principalmente por aplicación insuficiente de calor a las caras de la unión o por la presencia de óxidos refractarios que inhiben la fusión del metal base.

5.- Defectos de contorno:

a) **Socavado,** constituye otro de los defectos más serios de la soldadura y puede presentarse tanto en la orilla como en la costura soldada, afecta la resistencia de la soldadura.

b) **Traslape,** es el aporte de metal de soldadura fuera de la ranura de cara o raíz de la unión sin fusión completa y resulta en un defecto mecánico severo en la superficie, similar a la fusión incompleta, con la diferencia de localización, donde la unión metálica falló.

c) Laminaciones, son generalmente discontinuidades planas del metal base, elongadas y encontradas cerca del centro de productos rolados, se forman cuando hay gas atrapado en la cavidad de contracción del lingote, generalmente corren paralelas a la superficie del producto rolado y se encuentran en formas estructurales de placas.

CAUSAS Y ACCIONES CORRECTIVAS.

La evaluación objetiva de fallas o defectos es necesaria y crítica, es natural que la falla esté sobre o cerca de la soldadura y usualmente contribuyen a ella la combinación de los factores de diseño, materiales, procesos y capacitación.

Una acción efectiva de corrección, empiece con las causas verdaderas y a menudo retrasa la verdadera solución la tendencia a considerar que fue error del soldador. Determinada la causa, el proceso o sistema diseñado debe corregirse para evitar y prevenir recurrencias, involucrando el diseño del producto, cambios en los materiales, ajustes en el proceso, entrenamiento, cambios en el medio ambiente o en su entorno e incentivos motivacionales. A continuación se presenta una tabla de las causas más frecuentes de los defectos de soldadura (ver fig. 5.19, 5.20,)

Tipo de defecto	Fase del ciclo	Causas a evaluar
<p>Apariencia</p> <p>Piernas desiguales traslape o sobreposición</p> <p>Socavado convexidad excesiva concavidad</p>	<p>Diseño y/o Aseguramiento de calidad</p> <p>Ingeniería de Manufactura</p> <p>Producción</p>	<p>1.- Están definidos todos los requerimientos del cliente y se han comunicado fielmente a producción.</p> <p>2.- Existen los accesos necesarios para aplicar todas las soldaduras y se pueden realizar.</p> <p>1.- Los procedimientos de soldadura y las herramientas cumplen todos los requerimientos, cuando se aplican adecuadamente.</p> <p>1.- Las técnicas de soldadura incluyen trabajos y desplazamientos o avances en ángulo.</p> <p>2.- Los procedimientos muestran especialmente los valores de voltaje o longitud de arco, velocidades de avance y corriente o velocidad de alimentación del alambre.</p> <p>3.- Posición adecuada de trabajo.</p>

<p>Fusión y penetración Fusión incompleta Penetración incompleta Fusión excesiva</p>	<p>Diseño▲ Ingeniería de Manufactura◆ Producción▼</p>	<p>▲1.- Diseño de la junta. ◆1.- Tolerancias de detalles en partes o en accesorios de sujeción. ◆2.- Diámetros incorrectos de electrodos. ◆3.- Tolerancia reducida en la composición del gas de protección. ◆4.- Selección del proceso de soldadura. ▼1.- Variación en ajustes, por ejemplo, dar una raíz excesiva o un ajuste pobre. ▼2.- Variables correctas para aplicación de soldadura. ▼3.- Uso de la técnica adecuada.</p>
<p>Inclusiones Escoria y otras inclusiones no metálicas Inclusiones de óxido Inclusiones de tungsteno</p>	<p>Ingeniería de Manufactura◆ Producción▼ Materiales◆</p>	<p>◆1.- Se especifican métodos de limpieza para la junta. ◆2.- Correcta elección del electrodo de tungsteno. ▼1.- Inadecuada limpieza de la junta. ▼2.- Inadecuada técnica de soldadura. ▼3.- Contorno del cordón o socavado en la soldadura en pasadas múltiples. ▼4.- Contacto del tungsteno con el charco de soldadura. ◆1.- Condición correcta de la superficie de los materiales.</p>
<p>Grietas en la fabricación En la zona afectada por el calor en el metal base o en el metal de soldadura</p>	<p>Diseño▲ Ingeniería de Manufactura◆ Producción▼</p>	<p>▲1.- Soldabilidad del metal especificado. ▲2.- Diseño incorrecto de la junta. ◆1.- Pre calentamiento especificado inadecuado. ◆2.- Excesivas restricciones al movimiento del metal base. ◆3.- Clase de resistencia del metal. ▼1.- Contaminación en la junta de soldadura o en el metal base. ▼2.- Fallas en el pre calentamiento. ▼3.- Técnica incorrecta.</p>
<p>Porosidad Agrupada distribuida alineada</p>	<p>Diseño▲ Ingeniería de Manufactura◆ Producción▼</p>	<p>▲1.- Desoxidante especificado adecuado para el metal base. ◆1.- Agentes desoxidantes especificados en el metal de aporte inadecuado. ◆2.- Especificación inadecuada de limpieza en el área de soldadura. ▼1.- Limpieza del metal base, aceite, pintura u otros materiales en el área de la junta. ▼2.- Composición del gas de protección y copa de gas. ▼3.- Condiciones de raíz sucia.</p>

	Materiales*	<p>¶4.- Parámetros de soldadura incorrectos.</p> <p>¶5.- Inapropiado almacenaje de metales base o de soldadura.</p> <p>▲1.- Materiales correctos o condiciones de los materiales de acuerdo a lo especificado, incluyendo gases de protección y fundentes de soldadura.</p>
<p>Grietas en servicio</p> <p>Por fatiga</p> <p>Por impacto</p> <p>Por sobrecargas</p> <p>Por corrosión</p>	Diseño*	<p>▲1.- No se cubrieron todas las condiciones de diseño.</p> <p>▲2.- Los materiales no satisfacen el medio ambiente en que se encuentra en servicio.</p>
	Ingeniería de Manufacturas*	<p>¶1.- Requiere tratamiento térmico después de la soldadura.</p>
	Producción¶	<p>¶1.- Se tienen hendiduras o ranuras en la soldadura (socavados u otros defectos).</p>
	Inspección▽	<p>▽1.- Los defectos se presentaron en la soldadura original.</p>
	Otros*	<p>¶1.- Abusos en el campo de aplicación.</p>

FIG. 5.19 DEFECTOS Y CAUSAS A EVALUAR.

5.4.3. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE LOCALIZACIÓN DE DISCONTINUIDADES EN METALES Y UNIONES SOLDADAS.

Los ensayos no destructivos son técnicas empleadas en los métodos físicos indirectos para la inspección de productos, partes, piezas o componentes en servicio, con el objeto de detectar así las discontinuidades o defectos que afecten la calidad.

El análisis no destructivo determina la calidad de una pieza sin alterar o cambiar las características y propiedades físicas, puesto que la ventaja principal de este tipo de ensayos es que no alteran en forma permanente las propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales de la parte sometida a la prueba.

Los exámenes no destructivos comprenden las siguientes pruebas:

INSPECCIÓN VISUAL.

Es el examen que se lleva a cabo sobre las superficies, observándolas a simple vista y con la ayuda de instrumentos tales como el vernier, micrómetro, lente de aumento y por supuesto con las normas aplicables al proceso que se evalúa.

Esta prueba es la más productiva y rentable, pues detecta las fallas y en algunos casos puede prevenir los factores que las ocasionan. Es la más elemental, rápida y de bajo costo, proporciona la información más efectiva y se puede aplicar durante todo el proceso de soldadura, consistiendo de tres etapas:

1.- Examen visual antes de aplicar la soldadura, considerando los siguientes factores:

- a) Revisión de los planos del trabajo a realizar.
- b) Cotejar el diseño con las especificaciones al respecto.
- c) Tipo de metal base.
- d) Forma de la estructura y dimensiones.
- e) Preparación de la junta.
- f) Proceso de soldadura.
- g) Material de aporte y protección contra la atmósfera.
- h) Seguridad en el proceso de soldadura.
- i) Limpieza del material a soldar.

2.- Examen visual durante la aplicación de la soldadura, considerando los siguientes aspectos:

- a) Variables propias del proceso.
 - Amperaje.
 - Polaridad.
 - Flujo del gas.
 - Velocidad de avance.
 - Alimentación del metal de aporte.
- b) Temperatura.
 - Pre calentamiento.

- Temperatura de liga.
- Fusión.
- Sobre calentamiento.

3.- Examen visual después de aplicada la soldadura, comprende los siguientes aspectos:

- a) Dimensiones de las uniones recién aplicadas.
- b) Verificación de la presencia superficial de:
 - Fracturas.
 - Poros.
 - Inclusiones de sólidos.
 - Laminaciones.
 - Socavados.
 - Falta de penetración.
 - Chisporroteo.

PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.

Ésta prueba es uno de los métodos más comunes de pruebas no destructivas, permite detectar discontinuidades en materiales que pueden ser altamente magnetizados, su principio se basa en la propiedad que tienen los materiales ferromagnéticos de convertirse en un imán, se magnetiza la pieza a examinar induciendo en ella un campo magnético, que presenta fugas cuando la superficie examinada no es continua.

Se le aplican a la pieza magnetizada partículas ferromagnéticas y éstas serán atraídas hacia cualquier fuga de campo, indicando de esta manera la presencia de discontinuidades. Este método puede detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos.

Las soldaduras con poros, cavitaciones, fracturas y demás defectos superficiales, crean un fenómeno de oposición al paso de las líneas de flujo magnético. Si aplicamos limadura fina de hierro, podemos observar fácilmente el fenómeno, pues el polvo de hierro tenderá a seguir las líneas del flujo magnético y en las

discontinuidades donde se interrumpe el flujo se acumularán dichas partículas, en una buena soldadura las limaduras de hierro se distribuirán uniformemente.

En la inspección por partículas magnéticas, se destacan los siguientes métodos: método continuo, método residual, método indirecto, magnetización circular y magnetización longitudinal. En todos ellos se aplican los mismos principios, pero cada método tiene su aplicación particular en la industria metal-mecánica, cuando requiere probar la calidad de sus materiales ferromagnéticos, según las características geométricas del mismo, siendo el método continuo el más frecuente.

Equipo: el que se requiere para esta prueba consiste en:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1.- Fuente de poder. | 4.- Lámpara de luz negra (en su caso). |
| 2.- Puntas de contacto. | 5.- Partículas de hierro teñidas. |
| 3.- Bobinas. | 6.- Un martillo. |

Además de un reporte técnico sobre partículas magnéticas.

Secuencia operativa:

1.- Una vez que el trabajo de soldadura ha sido concluido se procede a eliminar todo el material ajeno a la unión soldada, tal como, escoria, residuos de pintura, etc. (limpieza mecánica).

2.- Posteriormente se hace la limpieza química, que consiste en la aplicación del removedor, que libera a la pieza de partículas pequeñas que no se pueden eliminar con la limpieza mecánica.

3.- Aplicación de las partículas de hierro (teñidas), en el área que se hará la inspección.

4.- Magnetización de la pieza, a través de la fuerza magnética, en el mismo instante se puede aplicar una vibración por medio de golpes, cerca de la zona inspeccionada, para dar mayor movilidad a las partículas magnéticas.

5.- Registrar las discontinuidades encontradas y verificar con base en los códigos respectivos.

6.- Retirar el equipo y efectuar la limpieza mecánica en la pieza inspeccionada.

7.- Desmagnetizar la pieza, calentándola a 800 grados C^o.

8.- Comprobar que la pieza ha quedado desmagnetizada.

Ventajas y limitaciones de la prueba:

Ventajas:

- 1.- Aplicación rápida.
- 2.- Disponible en equipo portátil.
- 3.- No deja residuos.
- 4.- Fácil interpretación.
- 5.- El material no requiere preparación especial.
- 6.- Detecta defectos que no se perciben a simple vista.
- 7.- Bajo costo de operación.

Limitaciones:

- 1.- Difícil de utilizar en piezas delgadas.
- 2.- Sólo se pueden inspeccionar materiales ferromagnéticos.
- 3.- No hay registro de resultados.
- 4.- Requiere un acabado especial en la superficie de la pieza.
- 5.- Sólo se aplica en posición horizontal.

LÍQUIDOS PENETRANTES.

Es un método de prueba no destructiva, empleado para detectar e indicar discontinuidades cuando afloran a la superficie de los materiales examinados, éstas deben estar limpias y expuestas a la superficie, se emplea un líquido penetrante que se aplica a la superficie a ser inspeccionada y éste entra en la

discontinuidad, mediante un revelador químico, después de remover el exceso del líquido penetrante, se marcan las discontinuidades.

Los líquidos penetrantes son componentes orgánicos derivados del petróleo y penetran en las discontinuidades del material a inspeccionar debido al fenómeno de capilaridad, cierto tiempo después (en función de la temperatura ambiente y fijado por normas), se remueve el exceso de líquido penetrante y se aplica el revelador, absorbiendo el líquido que ha penetrado en la discontinuidad y delinea sobre la capa del revelador el contorno de la falla.

Equipo:

- 1.- Removedor Dy-Chek.^{*REF.}
- 2.- Penetrante Dy-Chek.
- 3.- Revelador Dy-Chek.
- 4.- Cronómetro.
- 5.- Vernier.
- 6.- Reporte técnico.

Secuencia operativa:

1.- Limpieza previa en toda la pieza o componente, deben eliminarse contaminantes de las superficies a ser inspeccionadas, tales como, óxidos, grasas, aceite, pintura, etc., aplicando removedor, con el fin de evitar alguna impureza que pudiera obstruir el paso del líquido penetrante al interior de las discontinuidades.

2.- Aplicación del líquido penetrante, se aplica a la superficie por medio de aspersión o de inmersión, debe permanecer por espacio de 10 a 20 minutos, con el fin de accionar capilarmente la introducción del líquido en las discontinuidades.

^{*REF.} El término Dy-Chek se refiere al método de inspección con penetrantes visibles o tintes.

3.- Eliminación del exceso de líquido penetrante, removiendo el que no ha sido introducido en las discontinuidades, aplicando el removedor y secando con un paño.

4.- Aplicación del revelador, es una dispersión de partículas aplicada por medio de aspersión, formando una capa uniforme, absorbe el líquido penetrante de la discontinuidad y delinea el contorno de ésta sobre la capa del revelador.

5.- Examen visual e interpretación de resultados, una vez reveladas las discontinuidades deben ser interpretadas y evaluadas.

6.- Limpieza final, eliminar todos los residuos del líquido penetrante y del revelador de la pieza examinada, removiendo con un paño los líquidos aplicados.

Aplicaciones: este método es empleado para detectar grietas en general (por fatiga, de contracción, por tratamiento térmico, etc.), costuras, porosidad y cualquier discontinuidad superficial, principalmente en materiales como aluminio, magnesio y acero inoxidable, donde no se puede aplicar el método de partículas magnéticas.

Ventajas y Limitaciones:

Ventajas:

- 1.- Fácil de usar y de interpretación sencilla.
- 2.- se aplica a materiales ferromagnéticos y no ferromagnéticos.
- 3.- Detecta imperfecciones muy pequeñas.
- 4.- Bajo costo.
- 5.- Una vez aplicada, los defectos son fáciles de apreciar a simple vista.

Limitaciones

- 1.- Sólo detecta defectos superficiales.
- 2.- No se recomienda para piezas calientes.

3.- Debe limpiarse la pieza antes y después de la prueba.

4.- No registra los resultados en forma permanente.

ULTRASONIDO.

Este método se emplea para detectar discontinuidades superficiales e internas, por medio de vibraciones mecánicas similares a las ondas sonoras, pero de una frecuencia mayor a la del sonido audible para el humano.

Las ondas ultrasónicas son generadas por materiales llamados transductores piezoeléctricos y éstos tienen la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa, al ser excitados eléctricamente, vibran a altas frecuencias, generando ultrasonido.

Este método detecta y mide defectos, tanto en la superficie como en el interior del material, basándose en la velocidad de propagación del sonido y puede aplicarse a una amplia variedad de materiales y formas.

La onda ultrasónica se transmite a través de una sustancia y su acción se interpreta en tres dimensiones para mostrar los defectos, el acoplamiento correcto del transductor y la pieza a inspeccionar, sólo es posible si no existe aire entre el transductor y la pieza, aplicando aceite en la superficie a verificar se elimina el aire.

Durante la inspección, el haz ultrasónico se dirige al interior de las piezas, viajando a través de éstas y es reflejado al ser interceptado por una discontinuidad o por un cambio en el material.

Los ecos o reflexiones del ultrasonido son recibidos por el transductor y su señal es llevada al osciloscopio de rayos catódicos, donde la trayectoria del haz es indicada por las señales de la pantalla.

Transmisión; una vez introducida la onda longitudinal en la pieza a inspeccionar, es imprescindible medir la presión sonora en cualquier otro punto para verificar el estado de la pieza a verificar, como receptor de la presión del sonido sirve un palpador de construcción idéntica a la del emisor.

Equipo:

- 1.- Instrumento ultrasónico.
- 2.- Cable coaxial y palpador.
- 3.- Bloque de calibración.
- 4.- Acoplante.
- 5.- Reporte técnico.

Método: encendido el instrumento y con el palpador conectado a éste, se fija el campo de control deseado utilizando el bloque de calibración y el acoplante. Con el regulador en punto cero, se busca el impulso del punto cero de la escala, de acuerdo al espesor de la pieza patrón utilizada, deberá obtenerse un número determinado de ecos de fondo.

Una vez ajustado el equipo ultrasónico (en unión con un determinado transductor) dentro de un campo determinado, se puede observar directamente en la pantalla la escala del trayecto recorrido por los impulsos ultrasónicos del rayo central, desde el transductor a un reflector, el valor observado se consigue al buscar la altura máxima del eco y éste corresponde a la distancia entre el punto de salida del transductor y el reflector.

Secuencia operativa;

- 1.- Limpieza de la zona a inspeccionar.
- 2.- Trazo en cuadros de 9 por 9 pulgadas (ASME sección V).
- 3.- Aplicación del acoplante en el centro de cada cuadro.
- 4.- Posición del transductor en cada centro de los cuadros.
- 5.- registro de las zonas y de la dimensión de los defectos encontrados.

Ventajas y Limitaciones:

Ventajas:

- 1.- Proporciona un registro permanente.
- 2.- Detecta y define defectos internos y externos.

- 3.- Disponibilidad de equipo portátil.
- 4.- Es extremadamente sensible.
- 5.- Agiliza la detección de la falla.
- 6.- Aporta alta penetración.

Limitaciones;

- 1.- Requiere personal altamente capacitado.
- 2.- Requiere preparación para su aplicación.
- 3.- Es alto el costo del equipo.
- 4.- Requiere constantes calibración del equipo.

RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL.

En la inspección de soldaduras, la radiografía industrial se cuenta entre las de más fiabilidad, hasta la fecha. Casi cualquier grosor de soldadura en una placa puede ser radiografiada, pero la falta de acceso a la junta soldada puede no dar los mejores resultados con este método.

La inspección radiográfica es adecuada para la mayoría de los metales y su aplicación depende en gran medida de la ubicación de la unión soldada, de la configuración de ésta y del espesor del material.

Inspección por rayos X: el principio de la inspección por rayos X, consiste en la penetración de éstos a la pieza, detectándose las discontinuidades por medio de la interpretación de las distintas densidades en la película que recibió la carga.

Inspección por rayos gamma: los rayos gamma son oscilaciones electromagnéticas con una velocidad igual a la velocidad de la luz, su funcionamiento para la detección de fallas es similar a la de los rayos X, con la diferencia de que la radiografía de gamma se aplica para espesores mayores a los que pueden penetrar los rayos X.

Requisiciones antes del proceso: el examen radiográfico se realizará de acuerdo con un procedimiento establecido por escrito y aprobado con

anterioridad a la realización del examen. El procedimiento radiográfico requiere como mínimo, de la siguiente información:

- a) Tipo de material.
- b) Espesor.
- c) Fuente de radiación.
- d) distancia mínima foco-película.
- e) Tamaño máximo de la fuente.
- f) Marca clave y tipo de película.
- g) Indicación sobre la exposición, se hará con película sencilla o múltiple.
- h) Tipo y espesor de la pantalla.
- i) Referencia al procedimiento de soldadura empleado.

La radiografía usa rayos X o la radiación gamma, que penetra por la pieza y produce una imagen en una película de placa fotográfica, donde la densidad del material en una discontinuidad (presencia de aire en una fractura, fusión incompleta o porosidades) es menor que la del material sólido.

Los materiales de diferente densidad, atenúan la radiación en diferentes cantidades y consecuentemente producen diferencias de densidad ópticas en una película o placa.

La selección de la fuente de radiación (energía de los rayos emitidos), para un grosor particular de soldadura es un factor crítico, si la energía es alta o muy baja para el espesor del material, entonces resulta un contraste bajo y la sensibilidad radiográfica es pobre, por esto, se debe utilizar un proyector de intensidad variable cuando se esté viendo y analizando las radiografías.

Ventajas y Desventajas:

Ventajas:

- 1.- Deja registro permanente de la prueba.
- 2.- Es portátil.
- 3.- Extremadamente preciso.
- 4.- Se aplica a prácticamente todos los metales.

Desventajas:

- 1.- Alto costo inicial.
- 2.- Peligro de radiación.
- 3.- Degradación de la fuente radiactiva.
- 4.- La sensibilidad decrece cuando se desvanece la fuerza radiactiva.
- 5.- Se requiere operarios muy bien entrenados.

5.4.4. PRUEBAS DESTRUCTIVAS.

Las soldaduras y el metal de las soldaduras, probablemente están sujetos a más tipos de pruebas que cualquier otro metal producido y se pueden probar del mismo modo que los metales, se emplean pruebas mecánicas para calificar los procedimientos de soldadura, los trabajos soldados, los procesos de soldadura y para determinar si los electrodos y metales de aporte cumplen con los requisitos especificados, las soldaduras en las construcciones soldadas se prueban a menudo para asegurar su resistencia, tenacidad y calidad mediante pruebas mecánicas.

Las pruebas mecánicas son pruebas destructivas, porque la construcción o la junta soldada se destruye al hacer el espécimen de prueba, resultan caras porque implican la preparación del material. al hacer ensayos, cortes y a menudo el maquinado de los especímenes de prueba, finalmente se les prueba mecánica o destructivamente.

Su objetivo es demostrar el cumplimiento de las propiedades mecánicas necesarias, por ello, se elaboran placas de prueba de acuerdo a las especificaciones del procedimiento de soldadura y prueba entonces la soldadura por medios mecánicos.

La variabilidad en el universo de la soldadura, produce la misma en los especímenes de prueba; que no siempre son los mismos ni se toman de las

mismas posiciones en una placa de prueba. La consulta de la especificación correspondiente es indispensable al hacer soldaduras de prueba y los ensayos de soldadura, porque implican tanto las pruebas de calificación del procedimiento, como las de calificación del soldador.

Algunas de las principales propiedades mecánicas de las soldaduras que se pueden evaluar son:

Tensiones: son fuerzas de sentido contrario entre sí, que actúan sobre un cuerpo y tienden a estirarlo actuando sobre la misma línea de acción, por ejemplo, los cables que sostienen los elevadores, varillas, traveses, vigas, perfiles utilizados en construcciones arquitectónicas, etc.

En el ensayo de tensión, una probeta preparada es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente, hasta que se rompa, se realiza sujetando los extremos opuestos de la probeta y separándolos, la probeta se alarga en dirección paralela a la carga aplicada, generalmente son de forma cilíndrica o prismáticas y de sección transversal constante a lo largo del tramo dentro del cual las medidas se registran.

Resistencia a la tensión: es la resistencia que oponen todos los materiales a ser estirados, se presenta en la región plástica del material.

Compresión: cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo de manera que tienda a acortarlo o a empujar sus partes una contra otra, se dice que es una fuerza de compresión y de manera general, son todas aquellas fuerzas de sentido contrario entre sí, que actúan sobre un material y tienden a comprimirlo actuando sobre una misma línea de acción de un plano.

El ensayo de compresión emplea una probeta preparada, que es sometida a una carga monoaxial gradualmente creciente, hasta que se rompa, este ensayo es el más simple de todos los ensayos mecánicos y es útil en la evaluación de las propiedades mecánicas fundamentales.

consiste en someter a la probeta por medio de una carga en los extremos que produce una acción aplastante, la probeta se corta en una dirección

paralela a la carga aplicada, las probetas a compresión quedan limitadas a una longitud tal que no llegue a producirse la flexión columnar.

Resistencia a la compresión: es la resistencia que oponen todos los materiales a ser reducidos en sus medidas de longitud o volumen por fuerzas de compresión, la resistencia a la compresión se ofrece en la región elástica y plástica del material.

Flexión: es la deformación elástica sufrida por un material, la cual es perpendicular a la longitud del mismo y se verifica en su región elástica, a esta deformación comúnmente se le llama flecha y todo material que sea diseñado a flexión deberá recuperar su forma original al retirar la fuerza flexionante, por ejemplo, las vigas de los techos de los puentes están sometidas a flexión.

El ensayo de flexión no se recomienda para materiales dúctiles, porque se convertiría en ensayo de doblado, no verificándose la rotura, por ello se recomienda para materiales frágiles como el concreto, fundición, madera, etc.

Al flexionar una viga por medio de una fuerza, la superficie superior de la viga queda sometida a compresión, mientras que la superficie inferior queda sometida a tensión y existe una zona interna llamada superficie neutra, la cual no se comprime ni se tensa.

Resistencia a la flexión: es la resistencia que presentan todos los materiales al ser deformados elásticamente por fuerzas de flexión.

Doblado: es la flexión de un material debido a fuerzas perpendiculares al eje longitudinal del material y paralelas a la sección del mismo, el doblado se verifica en la región plástica del material.

Resistencia al doblado: es la máxima fuerza que resiste un material a ser doblado, sin que aparezcan grietas en la superficie exterior del doblado y un ensayo de doblado se utiliza para determinar la ductilidad del material, que consiste en doblar una probeta normalizada a un determinado ángulo y registrar si ocurre o no agrietamiento en la superficie exterior de la pieza

doblada y se ejecuta antes de la producción en serie de determinada pieza, con el propósito de diseñar matriz y punzón.

Dureza: es la resistencia que presentan todos los materiales sólidos a ser penetrados por presión o por choque o de ser rayados por otros materiales. Los materiales no se diseñan a la dureza, sino más bien tienen un carácter comparativo y de control de calidad del producto que se éste fabricando.

Los principales métodos para medir la dureza son: Brinell, Rockwell, Vickers, Tukon, etc. y el ensayo de dureza Brinell puede emplearse para los siguientes casos:

- Para comprobar la dureza que debe tener un material sometido a un cierto tratamiento térmico.
- Verificar que la producción en serie de un cierto material esté bajo control estadístico de la calidad con respecto a la dureza Brinell.
- Para clasificar a los materiales de acuerdo a su dureza y comparativamente deducir si son más o menos resistentes al penetrado por presión, que otros materiales cuya dureza Brinell se conoce:
- Aceptar o rechazar un lote de productos terminados que se deseen comprar,
- A partir de la dureza Brinell calcular la resistencia a la tensión de un material y/o en tablas de correlación identificar el tipo de material de que se trata.

Impacto: es la resistencia que presenta un material a ser roto por choque, esta resistencia se calcula midiendo la energía absorbida por una probeta normalizada, en el instante en el que un péndulo de una máquina de impacto golpea y rompe a la probeta en la sección de una entalladura hecha sobre la misma.

Existen materiales expuestos a choque o impacto, por ejemplo, ruedas de ferrocarril, martillos neumáticos, engranes transmisores, etc., sin embargo, los materiales no se diseñan al impacto y los ensayos de impacto tienen más bien un carácter comparativo y de control de calidad del producto que se éste fabricando. El ensayo de impacto puede emplearse en los siguientes casos:

- a) Para comprobar la resistencia al impacto que debe tener el tratamiento térmico aplicado a un material.
- b) Verificar que la producción en serie de un cierto material esté bajo control estadístico de la calidad con respecto a la resistencia al impacto.
- c) Para clasificar a los materiales de acuerdo a su resistencia al impacto que presenten y comparativamente deducir si son más o menos resistentes al impacto que otros materiales cuya resistencia al impacto se conoce y concluir cuales son más frágiles o dúctiles que otros.
- d) Aceptar o rechazar un lote de productos terminados que se deseen comprar.

Resistencia al impacto: es la resistencia que presentan todos los materiales sólidos a ser rotos por choque, impacto o percusión, a nivel laboratorio, para medir la resistencia al impacto de un material, se lleva a cabo golpeando una probeta en forma de barra con una masa pendular e imprimiendo a esta una fuerza cada vez mayor hasta provocar la ruptura de aquella. Es la energía absorbida o transmitida a la probeta por la masa pendular durante el choque, la cual a su vez es el trabajo desarrollado por la misma masa pendular desde el momento en que se deja caer hasta que choca con la probeta.

5.4.5. CÓDIGOS Y NORMAS.

Para que los productos logren obtener la calidad requerida es necesario, que las operaciones de producción y cualquier actividad relacionada con soldadura, estén

normalizadas, por esto el conocimiento de las normas que rigen en el campo de la soldadura es imprescindible para una buena realización de ésta.

Normas: son especificaciones técnicas aprobadas por un organismo en actividades normativas, para una aplicación repetida o continua y que garantiza un nivel óptimo en condiciones determinadas, siendo reglas específicas que cubren la calidad de un producto o servicio.

Código: es un conjunto de reglas relativas a diseños, materiales, limitaciones de servicio, fabricación, inspección y pruebas, calificaciones de personal, etc. y han sido establecidos por diferentes organismos, con el propósito de que su aplicación sea obligatoria.

Éstos abarcan un campo de aplicación específico, por ejemplo, la construcción naval, tuberías, recipientes a presión, calderas, estructuras de acero, recipientes para almacenamiento, fabricación de aviones, fabricación de carrocerías, etc. y algunos alcanzan la categoría de leyes que regulan el aspecto de fabricación de determinados componentes. Ejemplos de éstos productos que se ajustan a ciertas especificaciones son los siguientes:

- Recipientes a presión
- Reactores nucleares
- Tuberías
- Puentes y edificios
- Barcos
- Tanques y recipientes de almacenamiento
- Ferrocarriles
- Aviones e industria aeroespacial
- Equipo de construcción agrícola
- Maquinaria industrial
- Industria automotriz
- Autobuses y carrocerías

Existen muchos códigos y especificaciones relacionadas con la soldadura, para comprender adecuadamente esos reglamentos y saber cuando usarlos, se sugiere tener en cuenta las industrias que emplean especificaciones de soldadura.

Las principales normas que rigen el control de calidad en la industria de la soldadura son:

- ASNT - American Society of Nondestructive Testing.
- AWS - American Welding Society.
- ASME - American Society of Mechanical Engineers.
- API - American Petroleum Institute.
- ANSI - American National Standard Institute.

cada norma es aplicable para el control de calidad, según los diseños de fabricación y cada una de ellas presenta varias secciones en las cuales se tratan los diseños, fabricación, mano de obra y control de calidad en forma particular.

CÓDIGOS APLICADOS A LA SOLDADURA

A.W.S.

- D1.1 - Soldadura de acero estructural.
- D1.2 - Soldadura de estructuras de aluminio.
- D1.3 - Soldadura estructural de láminas de aluminio.
- D1.4 - soldadura estructural de acero de refuerzo.
- D1.5 - Soldaduras para puentes.
- D9.1 - Soldaduras en láminas metálicas.

A.S.M.E.

- Sección I - Calderas de potencia.
- Sección II - Especificaciones de materiales.
 - Parte II-A - Materiales ferrosos.
 - Parte II-B - Especificaciones de materiales no ferrosos

- Parte II-C - Especificaciones de materiales, varillas de soldadura, electrodos y materiales de aporte.**
- Sección III** - Componentes de plantas de energía nuclear.
 - Subsección NA** - Requerimientos generales.
 - Subsección NB** - Componentes clase 1
 - Subsección NC** - Componentes clase 2
 - Subsección ND** - Componentes clase 3
 - Subsección NE** - Componentes clase 4
 - Subsección NF** - Componentes de soporte
 - Subsección NG** - Soportes centrales de estructura.
 - Sección IV** - Calderas de calefacción (de baja presión).
 - Sección V** - Pruebas no destructivas.
 - Sección VI** - Reglas recomendadas para el cuidado y funcionamiento de calderas de calefacción.
 - Sección VII** - Recipientes a presión no expuestos a fuego directo (división 1)
 - Sección VIII** - Recipientes a presión no expuestos a fuego directo (división 2, reglas alternativas).
 - Sección IX** - Calificación de soldadura y soldadura fuerte.
 - Sección X** - Recipientes a presión de plástico reforzado con fibra de vidrio.
 - Sección XI** - Reglas para inspección de sistemas de enfriamiento de reactores nucleares

A.P.I.

- A.P.I. 620** - Equipos para proceso en la industria petroquímica.
- A.P.I. 650** - Tanques de almacenamiento para petróleo y sus derivados soldados no sometido a presión.
- A.P.I. 1104** - Líneas de tubería soldadas, tubería de oleoductos y gasoductos, para conducción de combustible.

A.S.T.M.

- Clasificación A** - Metales ferrosos.
- Clasificación B** - Metales no ferrosos.
- Clasificación E** - Ensayos destructivos y no destructivos.

Clasificación F - Materiales para aplicaciones específicas.

A.W.S.

- A.W.S. A2.0** - Símbolos estándar para soldadura.
- A.W.S. A2.2** - Símbolos para pruebas no destructivas.
- A.W.S. A4.0** - Métodos para pruebas mecánicas de soldaduras.
- A.W.S. A5.0** - Especificaciones de electrodos y materiales de aporte.
- A.W.S. A5.1** - Especificaciones para electrodos de acero al carbono, para soldadura de arco eléctrico con electrodos revestidos.
- A.W.S. A5.2** - Especificaciones para varillas de acero al carbón y de baja aleación para soldadura de gas oxi-combustible.
- A.W.S. A5.3** - Especificaciones para electrodos de aluminio y de baja aleación de aluminio, para soldadura de arco eléctrico con electrodos revestidos.
- A.W.S. A5.4** -Especificaciones para electrodos de acero inoxidable, para soldadura de arco eléctrico con electrodos revestidos.
- A.W.S. A5.6** - Especificación para varillas y electrodos desnudos para cobre y aleaciones de cobre usados en soldadura.
- A.W.S. A5.8** - Especificaciones para metales de aporte para brazing.
- A.W.S. A5.9** - Especificaciones para varillas desnudas de soldadura de acero resistente a la corrosión de cromo níquel y composición del núcleo de electrodos de este tipo.
- A.W.S. A5.10** - Especificación para varillas desnudas y electrodos de aluminio y aleaciones de aluminio para soldadura.
- A.W.S. A5.11** - Especificación para electrodos de níquel y aleaciones de níquel para soldadura de arco eléctrico con electrodos revestidos.
- A.W.S. A5.12** - Especificación para electrodos de tungsteno y de aleaciones de tungsteno para soldadura y corte por arco eléctrico.
- A.W.S. A5.13** - Especificación para varillas y electrodos para soldadura de superficies sólidas.
- A.W.S. A5.14** - Especificación para varillas desnudas y electrodos de níquel y aleaciones de níquel.
- A.W.S. A5.15** - Especificación para electrodos y varillas de hierro colado.
- A.W.S. A5.16** - Especificación para electrodos y varillas de titanio y aleaciones de titanio.

- A.W.S. A5.17** - Especificación para electrodos de acero al carbón y fundentes para arco sumergido.
- A.W.S. A5.18** - Especificación para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con protección de gas.
- A.W.S. A5.19** - Especificación para varillas y electrodos desnudos de aleaciones de magnesio.
- A.W.S. A5.20** - Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco con núcleo de fundente.
- A.W.S. A5.21** - Especificación para la composición superficial de varillas y electrodos
- A.W.S. A5.22** - Especificación para electrodos con núcleo de fundente resistentes a la corrosión, de aceros al cromo y aceros al cromo-níquel.
- A.W.S. A5.23** - Especificación para electrodos de acero de baja aleación y fundentes para arco sumergido.
- A.W.S. A5.24** - Especificación para electrodos y varillas de circonio y aleaciones de circonio.
- A.W.S. A5.25** - Especificación para electrodos de acero al carbono y de baja aleación y fundentes para soldadura de electroescoria.
- A.W.S. A5.26** - Especificación para electrodos de acero al carbono y de baja aleación y fundentes para soldadura de electro-gas.
- A.W.S. A5.27** Especificación para varillas de cobre y aleaciones de cobre para soldadura de gas oxi.combustible.
- A.W.S. A5.28** - Especificación para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura de arco con gas de protección.
- A.W.S. A5.29** - Especificación para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con núcleo de fundente.
- A.W.S. A5.30** - Especificación para insertos consumibles.
- A.W.S. B2.1** - Estándar de calificación de procedimientos de soldadura y de habilidad para soldadores.
- A.W.S. B2.2** - Estándar de calificación de procedimiento brazing y de habilidad de soldadores de soldadura fuerte.
- A.W.S. B4.0** - Métodos estándar para pruebas mecánicas de soldadura.
- A.W.S. D3.8** - Especificación para soldadura bajo el agua.
- A.W.S. D5.2** - Estándar para soldadura de tanques elevados de acero, para almacenamiento de agua.

- A.W.S. D8.8 - Especificación para calidad de soldadura de arco en estructuras automotrices.
- A.W.S. D10.9 - Especificación para calificación de procedimientos de soldadura y soldadores para tubería.
- A.W.S. D14.1 - Especificación para soldadura de grúas industriales y otros equipos de manejo de materiales.
- A.W.S. D14.2 - Especificación para soldadura de máquinas herramientas.
- A.W.S. D14.3 - Especificación para soldadura de equipos de movimiento de tierra y construcción.
- A.W.S. D14.5 - Especificación para soldadura de prensas y sus componentes.
- A.W.S. D14.6 - Especificación para soldadura de equipos con elementos rotativos.
- A.W.S. D15.1 - Especificación para soldadura de equipos ferroviarios.
- A.W.S. QC-1 - Especificación para calificación y certificación de inspectores de soldadura.
- A.W.S. QC-3 - Estándar para soldadores certificados A.W.S.
- A.W.S. QC-4 - Estándar para acreditación de pruebas para el programa de soldadores certificados.

A.S.T.M.

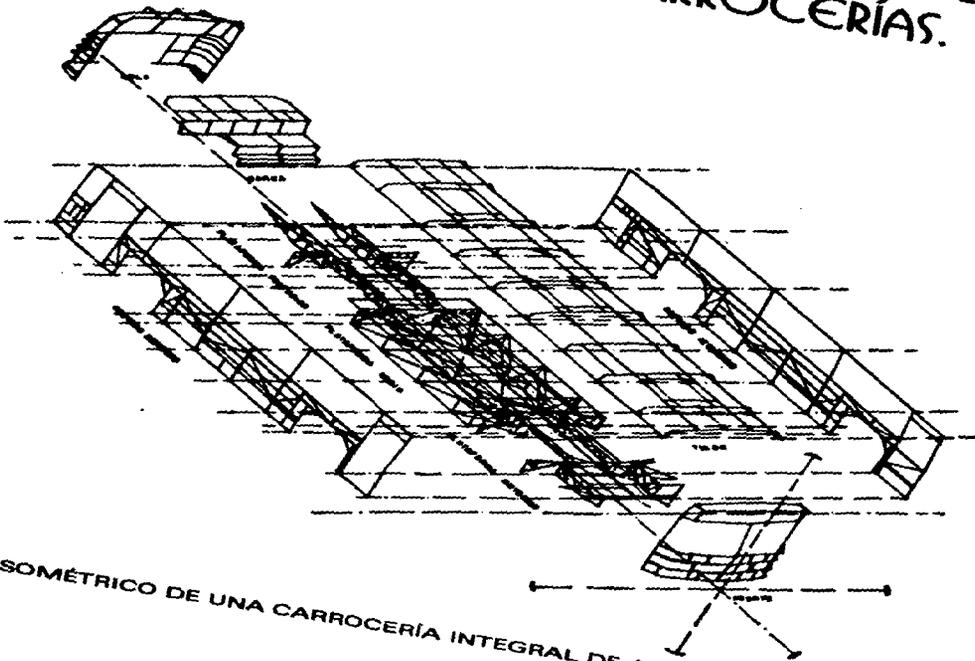
- A - 7 - Acero estructural para puentes y edificios.
- A - 36 - Acero estructural.
- A - 53 - Tubería de acero, soldada o sin costuras.
- A - 105 - Brida de acero forjado o rolado para tubería, válvulas y partes para altas temperaturas.
- A - 181 - Brida de acero forjado o rolado para tubería, válvulas y partes para servicio general.
- A - 201 - Placas de acero al silicio, de mediana resistencia a la tensión para soldadura de calderas y otros recipientes a presión.
- A - 202 - Placas de acero al cromo-manganeso-silicio, para calderas y otros recipientes a presión.
- A - 203 - Placas de acero al níquel, para calderas y otros recipientes a presión.
- A - 212 - Placas de acero al silicio, con alta resistencia a la tensión, para soldadura de calderas y otros recipientes a presión.
- A - 216 - Fundición de acero al carbón para soldaduras de fusión en servicio a altas temperaturas.

- A -225 - Placas de acero al manganeso-vanadio, para calderas y recipientes a presión.
- A -240 - Placas de acero inoxidable al cromo y cromo-níquel, láminas para recipientes a presión soldados, no expuestos al fuego.
- A -285 - Placas de acero al carbono de baja y mediana resistencia a la tensión.
- A -387 - Placas de acero al cromo-molibdeno para calderas y recipientes a presión.
- A -441 - Acero estructural de baja aleación de manganeso-vanadio.
- A -515 - Placas de acero al carbono, de mediana resistencia a la tensión para calderas soldadas y otros recipientes a presión, para servicio a mediana y elevada temperatura.
- A -517 - Placas de acero aleado para calderas y recipientes a presión.
- B -43 - Tubería de latón sin costura.
- B -75 - Tubo de cobre sin costura.
- B -96 - Placas y láminas de aleación cobre-silicio, para recipientes a presión.
- B -111 - Tubos condensadores de cobre y aleaciones de cobre sin costura.
- B -150 - Varillas, barras y láminas de aluminio.
- B -160 - Varillas y barras de níquel.
- B -163 - Tubos condensadores de calor, sin costura, de níquel y aleaciones de níquel.
- B -167 - Tubería de aleación níquel-cromo, sin costura.
- B -168 - Placas y láminas aleadas con aluminio.
- B -209 - Placas y láminas aleadas con aluminio.
- B -210 - Tubo estirado, sin costura, de aluminio aleado.
- B -234 - Tubo de aluminio aleado, sin costura, para condensadores e intercambiadores de calor.
- B -315 - Tubería sin costura, de aleación cobre-silicio.
- B -333 - Placas y láminas de aleación níquel-molibdeno.
- B -348 - Barras de titanio y aleaciones de titanio.
- B -402 - Placas y láminas de aleación cobre-níquel, para recipientes a presión.

Todos los productos fabricados bajo las directrices de éstos códigos también se pueden fabricar bajo los reglamentos de los diferentes países, bajo sus normas equivalentes.

CAPITULO 6.

EL PROCESO DE SOLDADURA EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS.



ISOMÉTRICO DE UNA CARROCERÍA INTEGRAL DE AUTOBÚS URBANO.

6.1. IMAGEN DE LA ORGANIZACIÓN.

Todo supervisor, tiene como deber principal conocer como funciona la organización a la que recién se integra o a la que ya pertenece, así como identificar los objetivos que ésta persigue.

ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN.

El conocimiento de la estructura de la organización (ver fig. 6.1), nos permitirá ubicar en orden e importancia el proceso de soldadura. En este caso, se trata de una organización ficticia denominada N.A.S.A. (Nacional de Autobuses Sociedad Anónima) y su estructura organizacional, de dicha empresa está regida por el principio funcional.

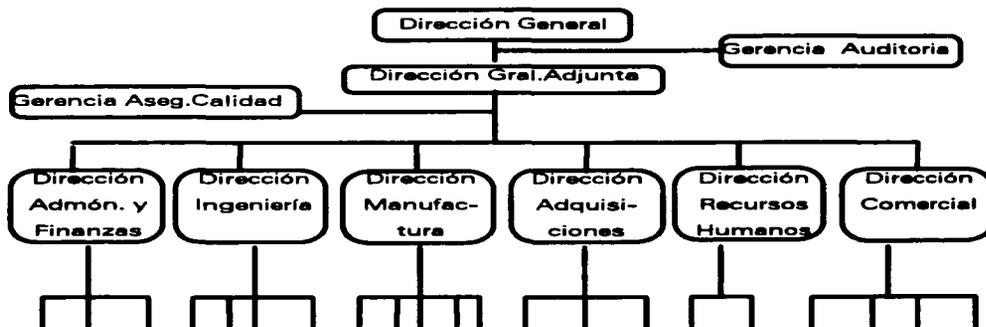


FIG. 6.1 DIAGRAMA GENERAL DE LA ORGANIZACIÓN.

El diagrama presenta la noción muy generalizada de un sistema mecanizista, constituido por un conjunto cerrado de dispositivos concretos y complejos, articulados para el cumplimiento de una o varias tareas prescritas. Se debe aplicar entonces, la óptica del sistema total y abierto, capaz de adaptarse a su medio ambiente, es decir, debe estar en permanente adaptación a su entorno.

A continuación se muestra a detalle la línea de relación y autoridad para la Dirección de Manufactura de nuestra empresa ficticia (ver fig. 6.2).



FIG. 6.2 RUTA DE AUTORIDAD EN EL ÁREA DE MANUFACTURA.

La Gerencia de Carrozado, utiliza en su área de soldadura a 41 soldadores, con 1 supervisor a cargo, y su superficie está distribuida como lo muestra la figura 6.3.

La Gerencia Línea de Ensamble, cuenta en su área de soldadura (Estructuras) con 120 soldadores y un supervisor a cargo, la superficie que ocupa se distribuye como lo muestra la figura 6.4.

La Gerencia de Máquinas y Habilitación, utiliza en su área de soldadura a 57 soldadores, con 3 supervisores y su superficie se encuentra comprendida en el área donde se interceptan las anteriores Gerencias, porque ésta les suministra el material habilitado necesario para ambas.

LAY-OUT CARROZADO

PLANA 200701

LÍNEA DE ENSAMBLE C-10, C-11

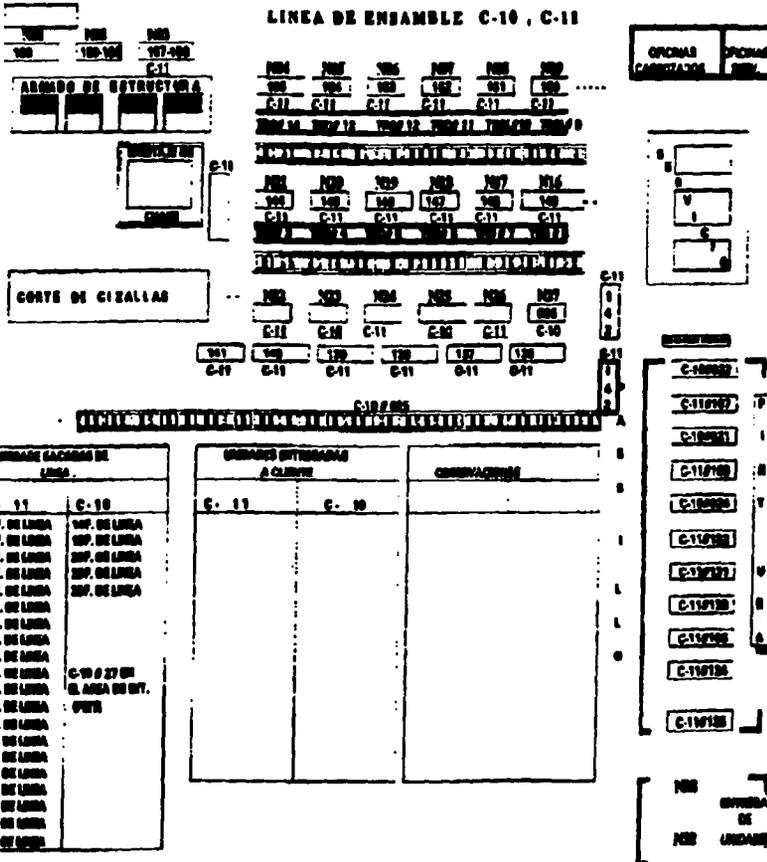


FIG. 8.3 LAY-OUT DE CARROZADO

CONTROL DE PRODUCCION

LAY - OUT DE LINEA DE ENSAMBLE (INTEGRALES)

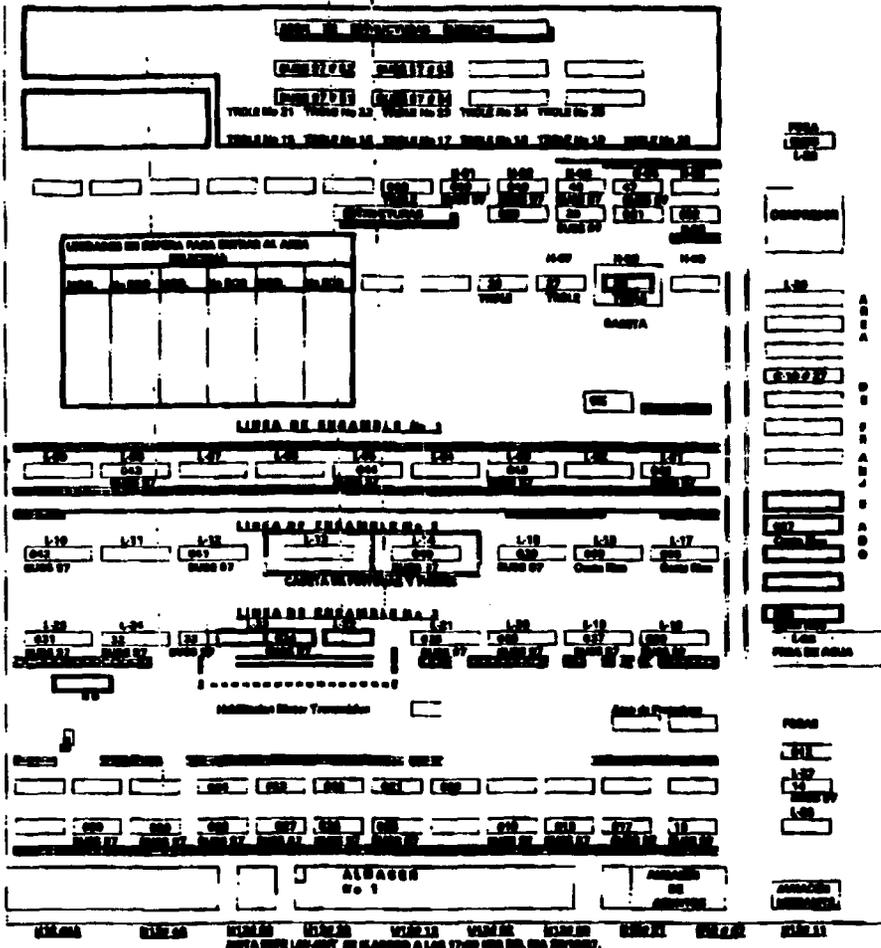


FIG. 8.4 LAY-OUT LINEA DE ENSAMBLE.

El análisis de la estructura de la organización, nos debe llevar al desarrollo de un diagrama decisional, que nos permita:

- 1.- Elaborar directrices precisas, para aumentar la eficacia de la actuación y/o el desempeño.
- 2.- Acelerar la preparación de procedimientos detallados.
- 3.- Facilitar los cambios de organización precisos, estableciendo estructuras más eficaces.
- 4.- Distinguir las interacciones en los procesos decisionales complejos, clasificando las responsabilidades.
- 5.- Suministrar elementos de juicio para una política de formación adecuada.
- 6.- Agilizar el flujo de la información necesaria
- 7.- Fomentar la participación y corresponsabilidad con los objetivos de la empresa.

A continuación se muestra el diagrama decisional correspondiente a la Dirección de Manufactura (ver fig. 6.5), excluyendo a la Gerencia de Ingeniería Industrial y a la Gerencia de Mantenimiento (departamentos Staff).

		DIRECCIÓN DE MANUFACTURA.											
Funciones	Unidades	Gerencia Máquinas y Habilitación					Gerencia de Carrozado			Gerencia Línea de Ensamble			
	Responsable Tareas	J _H	S _{H1}	S _{H2}	S _{H3}	S _{H4}	J _C	S _{C1}	S _{C2}	J _L	S _{L1}	S _{L2}	S _{L3}
	Costados		S										

Producción	Toldo		S																	
	Plataforma			S																
	Frente y Cola					S														
	Banca y Puertas					S														
	Accesorios Estruct.					S														
	Ensamble Gral. E.									S						S				
	Laminación exterior							S												
	Laminación Interior							S												
	Ensamble Gral. L.										S						S			
	Acabados									D										S
Recepción de Material	Lámina	N							N						N					
	Perfiles metálicos	N							N						N					
Prototipos	Herramientales	d	E																	
	Estructuras	D		E					Cv						Cv					
	Laminación	C						E	Cv						Cv					
	Accesorios	C				E			Cv						Cv					

FIG. 6.5 DIAGRAMA DECISIONAL DE LA DIRECCIÓN DE MANUFACTURA.

Se muestra a continuación la explicación de los símbolos empleados en nuestro diagrama decisional:

J _M =	Jefe de área Maq. y Habilitación.
J _C =	Jefe de área Carrozado.
J _L =	Jefe de área Línea de Ensemble.
S _{Mx} =	Supervisor Maq. y Habilitación.
S _{Cx} =	Supervisor Carrozado.
S _{Lx} =	Supervisor Línea de Ensemble.
E =	Ejecuta un trabajo o una tarea.
D =	Dirige la ejecución de un trabajo.
S =	Supervisa las actividades.
C =	Debe ser consultado.
N =	Debe recibir notificación.
d =	Define las necesidades.
Cv =	Puede ser consultado a voluntad.

FIG. 6,6 SÍMBOLOS PARA EL DIAGRAMA DECISIONAL.

El diagrama decisional representa el acuerdo que confirma que:

- Los individuos designados en el diagrama son los responsables primeros de cada tarea.

- Los símbolos de interacción responden perfectamente a las relaciones internas reales de la empresa.

Para el supervisor es primordial conocer sus límites de autoridad, así como su responsabilidad y los canales de comunicación de los que dispone, para poder participar e influir positivamente en la realización de los objetivos trazados por la organización.

OBJETIVOS DE LA ORGANIZACIÓN

La parte esencial de los objetivos debe ser financiera, en cuanto el dinero es el único común denominador de la gestión en la empresa. Involucrando el estudio y perfeccionamiento del sistema de gestión, por tanto, debemos tomar las siguientes acciones, apoyados en el diagrama decisional:

a) La identificación y previsión de las necesidades a satisfacer, para a su vez determinar los objetivos que pueden ser perseguidos, para satisfacer las necesidades y la búsqueda de las acciones más eficaces, para alcanzar estos objetivos.

b) La decisión en sí misma, es decir, la elección entre las acciones posibles, teniendo en cuenta los recursos disponibles hoy y los previsibles en el futuro.

c) Ejecución de la decisión.

d) Por último, el control de la ejecución que tiene por objeto asegurar que los objetivos son alcanzados, con los medios previstos y también, eventualmente, la toma de acciones correctivas.

La organización cuenta con una superficie disponible de 222.000 m², distribuida en fabricación y ensamble, oficinas y campos deportivos. Es una de las 10 empresas manufactureras de autobuses, más grandes del mundo. El 80 % de los autobuses urbanos y más del 50 % de los autobuses foráneos que circulan en el país, han sido fabricados por NASA.

Fabrica una diversidad de productos, como son autobuses y microbuses carrozados sobre chasis, autobuses integrales y trolebuses. Actualmente se producen unidades integrales para el servicio foráneo y unidades carrozadas sobre chasis para el servicio metropolitano de transporte público.

La empresa está comprometida con el objetivo de producir un volumen de 20 unidades diarias, de las cuales 10 serán integrales y las otras 10 serán carrozadas sobre chasis.

Al conocer los objetivos de la organización, debemos sumarnos al esfuerzo y contribuir con un enfoque analítico, ampliando la visión de la empresa con los siguientes conceptos:

1.- El éxito del pasado no garantiza el éxito en el futuro.

2.- La manera en que usted hizo las cosas en el pasado no será la manera en que tendrá que hacerlas en el futuro. Esta regla se aplica a prácticamente todo lo que hace... y piensa.

3.- La gestión se ocupa de organizar hoy el trabajo de la mejor manera posible para cumplir los objetivos de hoy.

6.1.1. ASPECTOS TÉCNICOS Y NORMATIVIDAD DEL RAMO.

El desplazamiento de personas, de bienes y servicios, deben realizarse con seguridad, comodidad, en menor tiempo y en mayor número. Aprovechando los avances tecnológicos de la industria automotriz (terminal, autopartes y carrocería), que constantemente buscan innovaciones.

Como un ejemplo de la normatividad del ramo, el artículo 32 del Reglamento de Tránsito del Distrito Federal, que a la letra dice: *"Los vehículos que circulan en el Distrito Federal deberán contar con los equipos, sistemas, dispositivos y accesorios de seguridad que determine el Departamento, en los Manuales correspondientes, los cuales deberán ser publicados por el Departamento para conocimiento de los usuarios, en la Gaceta Oficial del mismo"*.

Mediante la consulta de estas normas y documento, los diseñadores y fabricantes, los propietarios, los operadores, los usuarios y las autoridades involucradas conocerán los diferentes aspectos técnicos, de seguridad, confort y adecuación al medio ambiente que deben cumplir mínimamente.

Las especificaciones referentes a procesos de producción, principios funcionales y realización de pruebas para su comprobación y evaluación, están consideradas

en las normas oficiales respectivas y competen directamente a los fabricantes de vehículos o sus partes y a las autoridades correspondientes.

La incorporación de los criterios técnicos de seguridad, confort y adecuación al medio ambiente, redundará en beneficio de la población en general, ya que con su correcta aplicación se obtendrán unidades más cómodas, seguras y eficientes.

El fabricante de la carrocería deberá contar por escrito de las aprobaciones correspondientes por parte de la industria terminal.

LA ESTRUCTURA.

Es el armazón o esqueleto de la carrocería. Sus principales funciones son las de darle resistencia y forma al vehículo, sostener la carrocería y proteger a los pasajeros en caso de algún percance.

La estructura de la carrocería y el arreglo de los accesorios deberán ser diseñados para proporcionar una distribución adecuada de peso en ambos ejes (pueden ser hasta tres ejes) y que no excedan de sus especificaciones máximas de peso bruto vehicular (P.B.V.). Así mismo se debe mantener un equilibrio de las cargas laterales en la unidad.

De acuerdo con el cálculo estructural; motivo por el cual, será requisito presentar a la Coordinación General de Transporte la memoria de cálculo avalada por un perito en la materia, contemplando los parámetros que a continuación se describen:

a) Soportar sobre su toldo, sin presentar deformaciones permanentes, un peso igual al de su P.B.V. uniformemente repartido. Y soportar una carga estática uniformemente distribuida equivalente al 150 % del peso vehicular, sin admitir una reducción de medidas interiores mayor de 150 mm., sin ocasionar que las ventanillas pierdan firmeza o se desplacen de su lugar.

b) Soportar las fuerzas provocadas al volcar la unidad por uno de sus costados desde una plataforma de 800 mm. de altura, sobre una superficie de hormigón, debiendo dejar una zona de sobrevivencia a todo lo largo del

costado de la unidad, al 90 % del volumen de un prisma de largo igual al del habitáculo, un ancho de 900 mm. y una altura de 950 mm.

c) La unidad deberá resistir un impacto de otro vehículo de hasta 2000 kg a 40 km/hr sobre cualquier costado con un máximo de deformación estructural de 750 mm., a la altura de la cadera de pasajero sentado, sin producir bordes filosos o proyecciones en el interior, no incluyéndose la zona de puertas.

d) Cálculos de resistencia dinámica a aceleraciones y desaceleraciones, fuerza del viento a velocidades iguales o mayores de 90 km/hr.

e) Tanto en condiciones estáticas como con plena carga, el vehículo no mostrará deflexiones o deformaciones que perjudiquen el funcionamiento de cualquier componente, ventanillas o puertas. Aún cuando el vehículo se encuentre con una rueda o juego de ruedas con una diferencia hacia arriba o hacia abajo de hasta 150 mm.

f) Las frecuencias de resonancia tolerables deberán quedar muy por debajo de toda frecuencia de excitación primaria, de forma que se minimicen las vibraciones resonantes audibles, visibles o sensibles en la estructura, carrocería y paneles, aún cuando se trata de modalidades torsionales, laterales y verticales.

g) La unidad deberá resistir la corrosión por sales del camino o condiciones atmosféricas y aún contra corrosión galvánica ocasionados por la unión de materiales disímiles.

Todo lo anterior con márgenes lógicos de seguridad. En condiciones normales, la unidad deberá soportar durante toda su vida de servicio, los daños producidos por fatiga, resistir impactos y cargas estáticas debido a recorridos normales por las calles, sin presentar deformaciones permanentes.

Cualquier deformación que se haya de producir no deberá impedir el reemplazo de nuevos paneles para reparar la unidad, conservando su aspecto original.

En la construcción básica de la estructura se utilizarán los materiales con las características físicas necesarias para darle la resistencia adecuada al conjunto y deberá sujetarse la fabricación de las estructuras a las normas nacionales DGN (Dirección General de Normas): D-11-62, D-24-73, D-63-75, D 159-80, D 160-80 y al procedimiento ASTM B 117.

En el caso de vehículos sobre chasis, la estructura deberá ser reticulada tridimensional. Para los vehículos de tipo integral, deberá tratarse de un conjunto estructural modular tridimensional único.

La durabilidad de la estructura deberá permitir que ésta conserve todas las especificaciones y características de desempeño, confort y seguridad por una vida útil no menor de 10 años.

6.1.2. EL PAPEL DE LA SOLDADURA.

Entendiendo, como proceso a una serie de tareas dependientes que conducen a un resultado. En el proceso de fabricación de carrocerías para el transporte de pasajeros, tenemos una vasta utilización de la soldadura, por ser una tecnología económica y de fácil aplicación, con la que se obtienen excelentes resultados en la fabricación de estructuras metálicas.

El armado de la estructura de una carrocería, es factible de conseguir mediante juntas atornilladas y/o remachadas. Pero esto involucra la elevación de los costos, debido principalmente al aumento de operaciones en el proceso de unión de la junta, esto ocasiona principalmente un tiempo de producción muy alto y con ello la disminución de los beneficios para la empresa.

En la fabricación de carrocerías, el proceso de soldadura de arco eléctrico es sinónimo de economía y eficacia, disminuye los tiempos de fabricación, es de fácil aplicación, no requiere de instalaciones demasiado sofisticadas y los insumos que utiliza son de fácil adquisición. La aplicación correcta del proceso de soldadura y el diseño óptimo de la junta, garantizan la funcionalidad de los productos.

Además el uso del proceso de soldadura de arco eléctrico, cumple con los rangos necesarios de resistencia y durabilidad, puesto que una junta bien soldada es para siempre, por propia naturaleza.

La funcionalidad estructural, en el parque vehicular de nuestro sistema de transporte público (metropolitano y foráneo), avalan con su desempeño la tecnología con la que han sido fabricados, trátase de vehículos nacionales o importados. Por ello la tecnología de la soldadura y su correcta aplicación son de suma importancia.

6.2. PROCESOS CON SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO.

En nuestra empresa ficticia denominada NASA, así como en la mayoría de las organizaciones de la competencia, el principal proceso de soldadura utilizado es el de arco eléctrico, básicamente en dos modalidades, que son, el proceso con electrodo revestido y el proceso con protección de gas inerte (proceso MIG).

Para ejemplificar la aplicación, se enlistan a continuación: la estación, el tiempo estándar, el número de operarios / unidad y la especialidad, para el modelo Strada (unidad integral que se fabrica) de servicio foráneo (ver fig. 6.7).

Modelo Strada		Especialidades de mano de obra para un volumen de 3 unidades diarias.						febrero / 97	
Estación	Tiempo estándar Hr-H	Descripción	Op./Unidad			Soldador	Armador	Laminador	Pintor
			1	2	3				
STG-01	56.5	Marco puerta de servicio Laminación puerta de servicio Marco ventila radiador y batería Laminación de ventila rad y bat. Marco puerta tanque combustible y tablero lateral Laminación puerta tanque comb. y tablero lateral Marco puertas cajuela Laminación puertas cajuela	7	14	20	14	3	3	
STG-02	17	Rolado de cerchas frente Rolado de partes cola Rolado de cerchas toldo Rolado de portallante Rolado partes puerta central motor	2	4	6	6			

STG-03	7.5	Habilitación partes costado Hab. de partes costado frente Habilitado soporte piso batería	1	2	3	3				
STG-04	7.5	Piso operador	1	2	3	3				
	5.66	Vara delantera derecha	1	2	2	2				
		Vara delantera izquierda								
	5.66	Pasillo central derecho								
STG-05	2.83	Pasillo central izquierdo								
	8.5	Sc. Derecho recibidor tolva llanta	1	2	2	2				
		Sc. Izquierdo recibidor tolva llanta								
	2.83	Complemento der. plataforma Sup.	1	1	1	1				
STG-06		Complemento izq. plataforma Sup.								
	2.83	Recibidor block control remoto	1	1	1	1				
	1.41	Soporte caja intermedia Direc Curtis	1	1	1	1				
STG-07	8.5	Plataforma media inferior	1	2	3	3				
		Beatidor transversal posterior								
STG-08	8.5	Beatidor transversal anterior	1	1	1	1				
		División cajuela								
STG-09	8.5	Vara trasera izquierda	1	2	3	3				
STG-10	26.19	Vara trasera derecha	1	2	3	3				
		Armado plataforma general	4	7	10	10				
		Sop. barras de tracción delanteras								
		Soporte barras de tracción traseras								
		Sop. Control de vel. y Sop. Balanceo								
		Soportes cámara de aire anterior								
		Soportes cámara de aire posterior								
STG-11	11.333	Soportes amortiguador trasero	2	3	4	4				
STG-12	8.5	Complemento plataforma general	1	2	3	3				
	8.5	Costado derecho	1	2	3	3				
STG-13	2.83	Costado izquierdo	1	1	1	1				
	4.25	Costado derecho frente	1	1	2	2				
	4.25	Costado izquierdo frente	1	1	2	2				
STG-14	11.333	Armado frente	2	3	4	4				
STG-15	5.6	Resoldar frente	1	2	2	2				
		Armado estructura toldo	1	2	2	2				
STG-16	6.25	Armado estructura cola	1	2	3	3				
		Subensambles laterales cola								
		Armado estructura banca trasera	1	2	3	3				
STG-17	20.25	Armado de soporte baño	3	5	8	8				
		Armado de soporte banco								
	3	Subensamble escalón banca	1	1	2	2				
		Armado estructura gral. Autobús								
STH-01	4.2	Recibidor baño	1	1	2	2				
	3.8	Soporte motor	1	1	2	2				
	4.2	Soportes amortiguador delantero	1	1	2	2				
STH-02		Soporte barras tracción delanteras								
		Soporte barras de torsión								
	3	Ens. soporte caja direc. Ross Gear T	1	1	2	2				
		Resoldado estructura general								
STH-03	8.5	Esmerillar estructura del autobús	1	2	3	3				
STH-04	4.2	Recibidor tablero posterior	1	1	2	2				
	3.8	División tanque combustible	1	1	2	2				
	4.2	Estribo Ant. y Soportes estribo Aux.	1	1	2	2				
		Sop. Radiador y Post-enfriador Der.								
		Sop de Arrastre y Sop. faros								

STH-03	9	Alinear estructura del autobús	2	3	4	4			
STH-04	4	Tapa refuerzo costado Izq. Y Der. Recibidor Izq. Y Der. De asientos	1	1	2	2			
	3.9	Soportes mecanismo pta de servicio							
	5.6	Recibidores de portabultos Ensamble portallantas (kit malacate) Ensamble charcos (serie 50) Recibidor abrazaderas col. direc	1	1	2	2			
STH-05	7.8	Pedal de embrague Sistema de control de velocidades Dren tanque de aire	1	2	3		3		
	1.41	Válvulas conector de frenos Soportes tanques de aire Soportes cornetas de aire Lubricar mecanismo de bujes							
	1.4	Abrazaderas dirección hidráulica Soportes tolvá guardafango Soportes válvula ctrl de altura Sopotería baño	1	1	1	1			
STH-06	2.53	Sop. Piso batería y compartimiento B	1	1	1	1			
	4.24	Soporte base compresor Ducto radiador	1	1	2	2			
	2.53	Soporte ventilador Forro exterior banca trasera	1	1	1		1		
	2.5	Sellado exterior banca trasera Cubretolvá anteriores y posteriores Sopotería puertas	1	1	1	1			
STH-07	8	Decapado de la estructura	1	2	3	3			
STH-08	7.5	Aplicación de pint. Anticorrosiva a E Aplicación de primer a marcos y pta.	1	2	3				3
STH-09	5.6	Forro interior banca trasera Caja dirección hidráulica Caja dirección Resa Gear	1	2	2		2		
	6.75	Palanca de velocidades (recta)	2	3	4		4		
	3.315	Aislante cabina motor Tanques de aire anterior y posterior	1	1	2		2		
	2.535	Tubería sistema neumático y frenos	1	1	1				
	0.851	Tubería direc hidráulica y embrague Tubería tanque combustible	1	1	1		1		
	10.59	Montaje tanque combustible y sop. Lam. Exterior entre ventanillas Tolvá llanta (susp. Mixta) Piso cajuela Triplay y pared tanque combustible	2	3	4	2	1	2	
	349.94	Subtotal	63	98	138				
Efic. Prom. *	+ 5 % Ausentismo	3	5	6					
Gran Total	360.94	Gran total	66	103	144	119	17	5	3

FIG. 6.7 MANO DE OBRA ÁREA ESTRUCTURAS.

De la figura anterior, se desprende que del total de obreros empleados un 83.3 % de ellos son necesariamente soldadores, dentro de la fabricación de la estructura de la carrocería. Se debe aclarar que parte de los soldadores involucrados pertenecen al área de Habilitación y parte pertenecen al área de Ensamble.

El estudio de las operaciones decide únicamente los procesos que se emplearán y el tiempo aproximado concedido para cada operación, dejándose al supervisor los detalles del trabajo. Porque NASA es una empresa, que esciende a sus mejores obreros dándoles el grado de supervisor, al haber demostrado el suficiente dominio del proceso productivo. Además de preocuparse por capacitarlos para el buen desempeño de sus labores.

6.2.1. CON ELECTRODO REVESTIDO.

La versatilidad de aplicación del proceso de soldadura con electrodo revestido, es ideal para la fabricación de carrocerías, permite unir correcta y totalmente el entramado de la estructura, sin presentar mayores obstáculos que la habilidad y conocimiento del soldador.

La soldadura con electrodo revestido, llega a todos los rincones (por soldar) del entramado de la carrocería, por ejemplo, se aplica, donde las dimensiones de una antorcha del proceso MIG impiden a ésta su utilización, además de la aplicación en sus posiciones más comunes.

Debido a sus características, se puede aplicar en forma exclusiva el proceso de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido, en la fabricación de las carrocerías, dejando de lado la utilización del proceso MIG y con ello las ventajas que de éste se obtienen.

Para las soldaduras que se deben ejecutar, se utiliza un electrodo revestido de clasificación AWS E 7018, con las siguientes características: mínima resistencia a la tracción de 70,000 Lb / plg² , para toda posición, para CA o CD, para polaridad invertida, tipo de escoria mineral, tipo de arco mediano, de penetración mediana y

con un 30 % a 50 % de polvo de hierro en el revestimiento, utilizándose en diferentes espesores, de acuerdo con el espesor de la junta.

En lo referente a la distribución que existe de las máquinas soldadoras, para soldar con electrodo revestido, representan el 80 % aproximado del total.

6.2.2. CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE GMAW (PROCESO MIG).

El proceso MIG, es utilizado hasta donde las dimensiones de la antorcha así lo permiten. Esto no quiere decir que su utilización sea mínima, sino que se busca la mayor aplicación posible de dicho proceso, debido a las ventajas que éste posee sobre el proceso con electrodo revestido.

La principal ventaja que posee el proceso MIG contra el proceso de electrodo revestido, es la económica. Además de tener una mayor facilidad de aplicación, porque, los operarios pueden lograr excelentes resultados en menor tiempo y esfuerzo, ya que el ambiente de protección del arco eléctrico por medio de un gas inerte en lugar del revestimiento del electrodo, es su mejor carta, por las ventajas que proporciona al operario.

La importancia del proceso de soldadura con protección de gas inerte, en la fabricación de carrocerías, se encuentra limitada a la capacidad económica que tenga la organización, porque las máquinas de para este proceso son sensiblemente mas caras que las que utiliza el proceso de electrodo revestido, así mismo se debe contar con un servicio barato y eficaz de suministro del gas inerte necesario.

Claro que el costo se puede amortizar rápidamente en función del incremento en el volumen de producción, que podemos generar con su aplicación.

Para las soldaduras ejecutadas con el proceso MIG, el electrodo utilizado corresponde a la clasificación: AWS ER 70S-G, que tiene las siguientes características: es alambre electrodo, se puede emplear como material de aporte, una resistencia mínima a la tracción de 70,000 Lb / plg², de tipo alambre sólido y no requiere especificación de la composición química.

Por último, dentro de la distribución que existe de las máquinas soldadoras, las del proceso MIG representan al 20 % aproximadamente del total.

6.3. PROCESOS CON SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

Cuando se trata del armado de una carrocería de concepto integral, donde la empresa instala en ésta, el tren motriz (completo) que la impulsará, teniendo como principal característica que no se utiliza ningún chasis preparado por alguna organización automotriz capaz de ello.

Es aquí, donde la aplicación del proceso de soldadura oxiacetilénica en la fabricación de carrocerías, se enfoca a la preparación de los accesorios necesarios para la implementación del tren motriz. Como son los accesorios necesarios para el sistema de combustible, para el sistema de enfriamiento y para el sistema de escape, a excepción de los que deben comprarse, como son el flotador, el silenciador, el radiador, etc.

- Para el sistema de alimentación del combustible, el accesorio principal que se prepara mediante la soldadura oxiacetilénica, es el tanque de combustible.

- Para el sistema de enfriamiento, los accesorios que se preparan mediante la soldadura oxiacetilénica, son el tanque de aireación y la tubería necesaria para conducir el líquido de enfriamiento.

- Para el sistema de escape, se prepara la tubería necesaria para conducir los gases producto de la combustión del combustible, en su recorrido del múltiple de escape del motor hasta la entrada del silenciador, donde dependiendo de su ubicación, también se prepara la tubería necesaria para el recorrido de la salida del silenciador hasta desembocar en el exterior de la carrocería.

En el caso de nuestra organización, el proceso de soldadura oxiacetilénica se reduce en su aplicación, a sólo el ensamble e instalación de los accesorios, que así lo requieran.

Porque dichos accesorios son objeto de adquisición, con proveedores especialistas en su fabricación, esto se debe, a la búsqueda de la optimización en la aplicación de los insumos, para de tal manera, evitar desvíos en el esfuerzo generador de beneficios.

Disminuyendo la planta productiva y buscando la especialización de ésta, eliminando instalaciones innecesarias y así aumentar la especialización, a través de un proceso selectivo.

Además nuestra organización, cuenta con la Gerencia de Carrozado, donde se fabrica una carrocería diseñada para instalarse sobre un chasis, proveniente de un proveedor especializado en su armado, de tal modo que minimiza la utilización de la soldadura oxiacetilénica, a las posibles modificaciones, que por diseño de la carrocería sean necesarias, en los sistemas de escape y enfriamiento del chasis.

Siempre y cuando, al proveedor del chasis no le sea posible realizar la modificación, en sus instalaciones, antes de realizar la entrega. O bien éste se niegue argumentando cualquier causa posible.

CONCLUSIONES.



Las condiciones del actual mercado en creciente globalización, han incrementado las exigencias de los consumidores o usuarios de los bienes o servicios. Los clientes demandan calidad, consistencia y entrega justo a tiempo. Nuestro deber como parte del esfuerzo productivo, debe encaminarse a producir con calidad y a obtener resultados previstos con antelación.

Los procesos de soldadura son parte en mayor o menor grado de los artículos que nos rodean en la vida diaria. La evolución de la tecnología de la soldadura siempre ha sido parte indiscutible de los avances tecnológicos de la humanidad. Los metales son sustancias que mezcladas o unidas, ya sea por la naturaleza o por el hombre, permiten obtener interminable número de materiales.

La preocupación que surge de la falta de conocimientos técnicos, tanto de obreros como de sus supervisores, en la aplicación de la tecnología de la soldadura, exige el esfuerzo permanente de renovación y puesta al día del capital humano de las empresas, además de impulsar en ellos una actitud innovadora que implique la búsqueda sistemática de soluciones más eficaces.

Una obra será tanto más perfecta cuanto más y mayores sean los conocimientos de los que la ejecutan. La teoría debe ir al unísono con la práctica.

Toda construcción soldada debe satisfacer los requisitos de operación durante su vida útil a un costo mínimo y tener apariencia agradable. Debe diseñarse para resistir las fuerzas a las que puede ser sometida, dependiendo de las propiedades mecánicas y físicas del metal que se emplea.

Como guía para el diseño, deben consultarse especificaciones o códigos que amparen a productos semejantes.

El supervisor por su función y responsabilidad, se encuentra al nivel de los mandos intermedios, punto clave en la organización, ya que enlaza los niveles superiores con los ejecutantes, teniendo responsabilidades y toma de decisiones a nivel operativo. Se confía en que sabrá hacer buen uso de todo aquello que se le ha entregado bajo su cuidado y responsabilidad.

Los supervisores son parte del equipo de administración, se les debe de reconocer y proporcionárseles capacitación.

Existe un gran número de problemas de seguridad asociados con los trabajos de soldadura, sin embargo cuando se conocen y siguen las medidas de precaución correctas, la soldadura se vuelve una ocupación segura. Así como las personas pueden ser consideradas responsables por aquellas acciones sobre las cuales tienen control, no pueden ser consideradas culpables más allá de los límites de su autoridad.

El uso racional de la soldadura y su correcta aplicación, permitirán a los fabricantes un menor costo de producción, al reducir el consumo de materiales de aporte, el tiempo de mano de obra, los costos asociados a la fabricación y los costosos retrabajos.

La calidad del diseño se apoya en las características que definen la calidad del producto, en tanto que la calidad técnica obedece a exigencias y medios de control.

El concepto básico de ISO-9000, es desarrollar sistemas para asegurarle al cliente que los estándares establecidos se cumplen en forma consistente. Involucra la capacidad para reconocer desviaciones o discrepancias a lo planeado, así como el comunicarlo oportunamente a los demás y reconocer y aceptar las contribuciones o aportaciones de todos los miembros del equipo.

Existen muchos códigos y especificaciones relacionadas con la soldadura, para comprender adecuadamente esos reglamentos y saber cuando usarlos, se sugiere tener en cuenta a las industrias que emplean especificaciones de soldadura.

Todo supervisor debe conocer como funciona la organización a la que recién se integra o la que ya pertenece, así como identificar los objetivos que ésta persigue.

Analizando la estructura de la organización, encontramos que el empleo o realización del diagrama decisional, nos ayuda a conocer los límites de autoridad, así como la responsabilidad y los canales adecuados de comunicación de los que dispondremos, para influir positivamente en la realización de los objetivos trazados por la organización.

La aplicación de los procesos de soldadura en la fabricación de carrocerías^{*NOTA}, es sinónimo de economía y eficacia, de fácil aplicación no requiere de instalaciones demasiado sofisticadas y los insumos que requiere son de fácil adquisición.

El desempeño del parque vehicular de nuestro sistema de transporte metropolitano y foráneo, avala la tecnología con la que ha sido fabricado, trátase de vehículos nacionales o importados.

El progreso efectivo del hombre se hizo palpable desde que utilizó los metales, pues muchos de los productos actuales incluidos en nuestras necesidades más comunes, serían imposibles sin el conocimiento de éstos.

*NOTA La empresa que sirve para ejemplificar la aplicación de la soldadura, tiene una larga tradición dentro de la industria carrocera. Los que laboren hoy y los que alguna vez trabajamos en las instalaciones de Mexicana de Autobuses, orgullosamente hablamos de su producto como un "Tanque", por su durabilidad y desempeño, podemos encontrar hoy en día unidades con más de 25 años circulando por nuestro país, sin que presenten grandes deformaciones en su estructura.

Por ello la tecnología de la soldadura y su correcta aplicación son de suma importancia. Para afrontar las exigencias actuales, el oficio de la soldadura debe renovarse y ponerse al día, en un esfuerzo constante de superación y crecimiento.

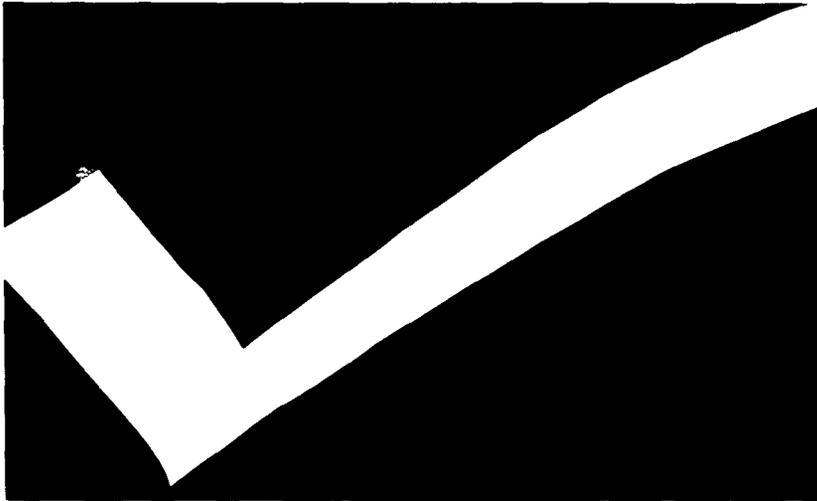
La capacitación hoy en día es la inversión más rentable para un mañana productivo y enriquecedor, abriendo el camino para un porvenir satisfactorio y pleno.

Por ello el presente trabajo de tesis contiene la información básica acerca de la tecnología de la soldadura y se ha organizado de tal manera que permite una consulta rápida, que busca orientar y complementar al supervisor del área de soldadura industrial, en la confianza de que el usuario desee ampliar sus conocimientos.

Aseverando que los factores clave de como llegar a ser un líder en el futuro, son el desarrollo de la organización enfocado hacia la calidad, entendiendo y aplicando los sistemas necesarios para lograr los resultados planeados.

ANEXO 1.

GLOSARIO DE TERMINOS.



Abertura de raíz	Distancia entre las partes en la raíz de la junta.
Abrasivo	Material que puede ser arena, granalla de hierro, óxido de aluminio, carburo de silicio, pedernal, gránate o escoria triturada, que se emplean para limpiar o preparar una superficie.
Acción capilar	Propiedad mediante la cual un líquido en contacto con un sólido se distribuye entre las superficies colocadas cerca de una junta que va a ser soldada.
Acero	Aleación a base de hierro, que contiene manganeso, carbono y a menudo otros elementos de aleación.
Acero al carbono	Termino que se aplica a un alto rango de material, que contiene carbono 1.7 % máximo, manganeso 1.65 % máximo y silicio 0.60 % máximo.
Acero de baja aleación	Son aquellos aceros que contienen bajos porcentajes de elementos para aleación.
Adhesión	Fuerza de atracción entre las moléculas de dos fases diferentes, tales como el metal líquido en soldadura fuerte y el cobre sólido.
Aisladores	Materiales que en su estructura interna no tienen electrones libres y que no permiten el paso de la corriente eléctrica.
Alargamiento	Es la longitud que se produce entre dos marcas de una probeta, durante una prueba de tensión y se expresa como un porcentaje de la longitud original de la probeta.
Aleación	Sustancia que tiene propiedades metálicas y que está compuesta por dos o más elementos químicos, de los cuales por lo menos uno de ellos es un metal elemental.

Alimentación por aire	Variante del proceso de rociado térmico, en el cual la corriente de aire acarrea el material pulverizado, que es rociado mediante una pistola en la fuente de generación térmica.
Ángulo de desplazamiento	Ángulo que forma el electrodo con una línea de referencia perpendicular al eje del plano de la soldadura.
Ángulo de trabajo	Ángulo entre el electrodo y el plano de referencia, extendiéndose desde el centro del tubo a través del charco de soldadura fundida. Puede usarse para determinar la posición de la pistola de soldar, varillas, etc.
Ánodo	Es la terminal positiva de una fuente eléctrica.
Área del metal soldado	Es la sección transversal de una soldadura
Azote	Termino aplicado al movimiento hacia arriba y hacia abajo que se le da al electrodo empleado en soldadura vertical, para evitar socavaduras.
Balaceo	Es la técnica de depositar el metal de soldadura oscilando el electrodo.
Biselado	Es un tipo angular de preparación en un extremo de la pieza.
Bolsa de gas	Termino de tubería para la porosidad.
Boquilla de soldar	Boquilla desmontable, para un soplete de gas especialmente adecuado para soldar.
Botella	Termino referido a cilindro.

Calibrador de soldadura	Dispositivo para verificar la forma y el tamaño de las soldaduras ejecutadas.
Calificación de procedimiento	Es la demostración de que los cordones hechos por medio del procedimiento especificado, pueden satisfacer los estándares prescritos.
Calificación para la operación	Métodos, pruebas y estándares de aceptación, que se usan para calificar un procedimiento de soldadura.
Capa	Es un estrato de uno o más cordones de soldadura, situado en un plano paralelo de la superficie sobre la cual se hizo la soldadura.
Cara de la raíz	Porción no biselada de la cara de ranura de una junta.
Cara del soldado	Superficie descubierta de un cordón depositado sobre el lado desde el cual se soldó.
Carga de rotura	Es el esfuerzo máximo de tracción, que producirá la rotura del material (generalmente expresado en lb /plg ² o en kg / mm ²).
Carga útil	Capacidad máxima de personas y/o objetos que puede transportar el vehículo automotor.
Carrocería	Estructura montada sobre el chasis de un vehículo automotor, adecuada para el transporte de pasajeros.
Centro de gravedad vehicular	Es el punto teórico geométrico donde se encuentran concentradas las fuerzas y los momentos aplicados al vehículo en su conjunto.
Charco de soldadura	Es un volumen con la localización específica de metal fundido en un cordón antes de su solidificación como metal de soldadura.

Chasis	Bastidor de un vehículo automotor, formado por dos largueros (vigas) rígidos que soportan todas las partes mecánicas de la unidad, tales como tren motriz, suspensión, sistema de frenos, neumáticos y componentes que sirven para instalar la carrocería.
Chasis coraza	Unidad de fábrica que lleva únicamente el chasis con el cofre motor y los componentes que sirven para instalar la carrocería, normalmente se destina al servicio público de pasaje.
Ciclo de soldadura	Serie completa de eventos que involucran la ejecución de una soldadura por resistencia, también se aplica a las soldaduras por fusión mecanizadas semiautomáticas.
Cilindro	Recipiente portátil, usado para el transporte y almacenamiento de un gas comprimido.
Conductores	Materiales que en su estructura interna tienen electrones libres, los cuales se desplazan fácilmente, teniendo como consecuencia un flujo de corriente eléctrica.
Conexión de la pieza	Es la conexión que se efectúa de la terminal de trabajo.
Copa	Término referido a boquilla.
Cordón alargado	Tipo de cordón de soldadura hecho sin mucha oscilación transversal.
Cordón de soldadura	Es el depósito de metal de aporte, hecho mediante una sola pasada de soldadura.

Corriente alterna CA	Electricidad que invierte su dirección periódicamente. En la corriente cíclica, la corriente se desplaza en una dirección y posteriormente en otra 60 veces dentro del mismo segundo, de modo que cambia su dirección 120 veces en un segundo.
Corriente de soldadura	Es la corriente que pasa por un circuito de soldadura, durante la ejecución de ésta.
Corriente directa CD	Es la corriente eléctrica que fluye sólo en una dirección y se mide en amperes.
Corriente eléctrica	Es el flujo de electrones que se desplazan a través de un material conductor.
Corte con arco	Corte de metales con un arco eléctrico establecido entre un electrodo y el metal mismo. Las expresiones corte con arco de carbón y corte con arco metálico, se refieren respectivamente al empleo de un electrodo de carbón o uno de metal.
Corte con oxígeno	Se efectúa dirigiendo una corriente de oxígeno sobre un metal caliente. La reacción química del oxígeno y el metal base, suministra el calor requerido para la fusión localizada, con la que se produce el corte.
Cráter	Depresión que se forma en la terminación de un cordón o en el foso de fusión bajo el electrodo.
Desviación del arco	Es la variación de un arco eléctrico, con respecto de su guía normal, debido a fuerzas magnéticas

Diagrama de equilibrio

Es la representación gráfica de los límites de temperatura, presión y composición de los campos de la fase de un sistema de aleaciones, como existen en condiciones de completo equilibrio. En los sistemas metálicos la presión se considera constante.

Dureza

(1) Resistencia de un metal a la deformación plástica, sin embargo, se puede referir también a la rigidez o al temple, a la resistencia al rayado, a la abrasión o al corte.

(2) Para las ruedas de esmeril significa lo mismo que el grado.

Eficiencia de la junta
Eje de la soldadura

La resistencia de una junta soldada expresada como un porcentaje de la resistencia del metal base sin soldar.

Una línea que corre a todo lo largo de una soldadura y que es perpendicular a la sección transversal a la misma, pasando por su centro de gravedad.

Elasticidad

Propiedad de un material por virtud de la cual tiende a recuperar su tamaño y forma originales, después de sufrir una deformación.

Electrodo

(1) En la soldadura con arco, la varilla que lleva la corriente y soporta el arco establecido entre ésta y la pieza de trabajo. Puede o no suministrar metal de aporte.

(2) En la soldadura por resistencia, es una parte de la máquina de soldadura, a través de la cual se aplica la corriente y en la mayoría de los casos presión.

(3) Conductor eléctrico para conducir la corriente hacia un medio o fuera de éste.

Electrodo con núcleo de fúndente

Un electrodo compuesto de metal de aporte, consiste de un tubular de metal o en alguna otra configuración hueca, que contiene ingredientes para proporcionar funciones tales como, atmósfera de protección, desoxidación, formación de escorias y estabilización del arco. Se puede usar o no una protección externa.

Electrodo de tungsteno

Un electrodo distinto al metal de aporte usado en la soldadura o en el corte por arco, hecho principalmente de tungsteno.

Electrodo desnudo

Electrodo para soldadura eléctrica, consistente en un alambre metálico, sin más recubrimiento que el que puede sobrevenir durante el proceso de estirado.

Electrodo recubierto

Un electrodo compuesto de metal de aporte, el cual consiste en un núcleo de un electrodo o en un electrodo de metal al cual se ha aplicado una cubierta suficiente para proporcionar una cascarilla de escoria sobre el metal soldado. Dicha cubierta puede contener materiales que proporcionen funciones tales como, protección de la atmósfera, desoxidación, estabilización del arco y pueden servir como fuente de adiciones metálicas al cordón depositado.

Elemento de aleación

Elemento agregado a un metal, para lograr cambios en sus propiedades y que permanece dentro del metal.

Enderezado a la llama

Corrección de deformaciones en estructuras metálicas, mediante calentamiento localizado, logrado con una llama de gas.

Endurecimiento por envejecimiento

Endurecimiento que ocurre por envejecimiento, generalmente después del enfriamiento rápido o del trabajo en frío.

Energía de impacto	Cantidad de energía que se requiere para fracturar un material.
Envejecimiento	En un metal o aleación, un cambio de las propiedades que generalmente tiene lugar en forma lenta a la temperatura ambiente y con mayor rapidez a temperaturas mayores.
Espaciamiento de raíz	Termino referido a la abertura de raíz.
Especificación del procedimiento de soldadura	(WPS) Un documento que proporciona en detalle las variables requeridas de aplicación específica, para asegurar la duplicidad por soldadores y operadores de soldadura adecuadamente entrenados.
Estricción	Reducción del área de sección transversal de un área localizada por estiramiento.
Estructura	Un conjunto cuyos componentes se unen por soldaduras.
Estructura integral	Conjunto de elementos generalmente de perfil, canal, "L" o "Z", que conforman una armadura, la cual da forma y soporta los elementos y esfuerzos de un vehículo.
Filete	(1) Radio o curvatura que se imparte a las superficies que se juntan por dentro. (2) Pieza esquinera cóncava que se utiliza en los modelos por fundición.
Fluctuación del arco	Desvío del arco en varias direcciones.
Fractura por debajo del reborde	Una fractura en la zona afectada por el calor, que generalmente no se extiende a la superficie del metal base.

Fragilización de la soldadura	Reducción de las propiedades mecánicas de un metal como resultado de la penetración local de la soldadura a lo largo de los linderos de los cristales.
Fuerza de tensión	La carga máxima por cada unidad del área transversal original obtenida antes de la fractura de una muestra de tensión. se puede medir en lb./plg ² .
Fúndente	Material que se usa para prevenir, disolver o facilitar la eliminación de óxido y de otras sustancias indeseables en la soldadura.
Garganta efectiva	Distancia mínima menos cualquier refuerzo desde la raíz de un cordón hasta su cara.
Garganta real	Distancia más corta desde la raíz de un cordón de filete hasta su cara.
Garganta teórica	Distancia desde el inicio de la raíz de la unión y perpendicular a la hipotenusa del triángulo recto más grande que puede inscribirse dentro de la sección transversal del cordón de filete.
Herramientales	Termino no estándar, para llamar a los dispositivos usados en el ensamble del trabajo de soldadura, para soportar y mantener alineados los componentes hasta su soldadura final.
Homogeneización	Acto de mantener a alta temperatura, para eliminar o disminuir la segregación química por difusión.
Inclusión de escoria	Material sólido no metálico atrapado en el metal del cordón o entre el metal del cordón y el metal base.
Inspección no destructiva	Realizada por métodos que no destruyen la pieza, para determinar si es o no adecuada para su aplicación.

Inspección radiográfica	Método no destructivo de inspección interna, en el que el metal u otros objetos se exponen a un haz de rayos X o rayos Gamma. Haciendo visibles las diferencias de espesor, densidad o absorción producidas por discontinuidades internas, en la imagen de sombras.
Intensidad de corriente	A la cantidad de electrones que pasan por un circuito eléctrico, se le llama intensidad de corriente eléctrica.
Junta	El lugar en que dos o más miembros, han de ser o han sido unidos.
Latón	Aleación formada principalmente por cobre (más de 50 %) y cinc, a la cual pueden agregarse cantidades pequeñas de otros elementos.
Levantado	Termino referido a la soldadura ascendente.
Límite elástico	Esfuerzo máximo al que puede someterse un material sin que se produzca una deformación, que permanezca después de suprimir completamente el esfuerzo.
Llama carburante	Una llama de gas, que introduce carbono en algunos metales que se calientan con ella, como durante una operación de soldadura con gas.
Llama neutra	Llama de gas, en la que no hay exceso de combustible ni de oxígeno.
Llama oxidante	Llama de gas producida con oxígeno en exceso.
Llama reductora	Llama de gas producida con exceso de combustible.
Longitud de arco	La distancia que va desde el extremo del electrodo hasta el punto en el que el arco hace contacto con la superficie de trabajo.

Mano abajo	Referido a posición plana.
Máquina de soldar	Equipo usado para efectuar las operaciones de soldadura, por ejemplo, máquina para soldar por puntos, máquina para soldadura de arco.
Material o metal de base	El material que se ha de sujetar a una soldadura ordinaria, soldadura fuerte, o corte.
Matriz de soldadura por resistencia	La parte de la máquina para soldadura por resistencia, que generalmente tiene la forma del contorno de la pieza de trabajo, con la que se sostienen las piezas que se están soldando.
Metal base	Es la pieza o piezas que se van a unir, cortar, recubrir o sea donde se efectuara el trabajo de soldadura.
Metal de aporte o de relleno	Metal que se agrega al hacer una junta soldada.
Metal de soldadura	La porción de soldadura que se ha fundido durante la operación de soldar.
Metal refractario	Metal que tiene una temperatura de fusión muy elevada, se refiere a los metales de puntos o temperaturas de fusión arriba del intervalo de las del hierro, el cobalto y el níquel.
Metalizado	Formación de un recubrimiento metálico por rociado atomizado hecho con metal fundido.
Metalografía	Trata de la constitución y estructura de los metales y aleaciones observable, ya sea a simple vista o por instrumentos.

Muesca	La amplitud de un corte producido durante el proceso de cortado.
Ondulado	Una técnica para depositar metal de soldadura, en la cual el electrodo es oscilado.
Pandeo	Distorsión de la hoja de metal, debido a las fuerzas de expansión y de contracción, causadas por la aplicación de calor local.
Pasada	La progresión longitudinal y sencilla de una operación de soldadura, a lo largo de una junta o de otra soldadura. El resultado de una pasada es un cordón de soldadura.
Pasada de fondo o raíz	Es el primer cordón de una soldadura de varias pasadas.
Pase caliente	Un termino de tubería, que se refiere al segundo pase o al cual se sitúa por encima del reborde del cordón. El pase caliente se hace por lo general a corrientes altas para llegar prácticamente a fundir nuevamente todo el reborde del cordón.
Penetración de la junta	Distancia a la que el metal de soldadura y la fusión se extienden hacia el interior de la junta.
Penetración de la raíz	La profundidad a la que se extiende el metal de soldadura en la raíz de la junta.
Pie de la soldadura	Punto en que se unen la cara de la soldadura y el metal de base.
Pieza soldada	Un ensamble, cuyas partes componentes están unidas por soldadura.

Peso bruto vehicular	El peso total de un vehículo automotor donde se incluye su propio peso en vacío (peso vehicular) y su capacidad de carga útil.
Peso vehicular	El peso total de un vehículo automotor totalmente equipado para su operación, en el que se incluye el chasis, carrocería, equipo, lubricantes y combustibles, sin considerar la capacidad de carga útil.
Polaridad	Es el sentido en que llegan los electrones al arco eléctrico, encontrando polaridad sólo en corriente directa.
Polaridad directa	Un término no estándar, para el electrodo negativo de la corriente directa.
Polaridad inversa	Un término no estándar, para el electrodo positivo de la corriente directa.
Posición horizontal	(1) Soldadura de filete, la posición en la cual se ejecuta la soldadura sobre el lado superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie casi plana. (2) Soldadura en surco, la posición de soldadura en la cual el eje de la soldadura yace en un plano aproximadamente horizontal y la cara de la soldadura está en el plano vertical.
Porosidad	Defecto que se origina por el gas atrapado en la masa metálica de soldadura.
Portaelectrodos	Sujetador del electrodo.
Posición plana	La posición para soldadura que se usa para soldadura desde el lado superior de la unión, la cara del cordón es aproximadamente horizontal.

Posición sobrecebeza	La posición en la cual se ejecuta la soldadura desde abajo de la unión.
Posición vertical	Posición para soldadura, en la cual el eje del cordón es aproximadamente vertical.
Postcalentamiento	Tratamiento térmico posterior a la soldadura.
Precalentamiento	La aplicación de calor al metal base antes de ejecutar la soldadura ordinaria.
Probeta de metal de soldadura	Una probeta en la que la porción sujeta a prueba está compuesta totalmente por metal de soldadura.
Procedimiento de soldadura	Los métodos y las prácticas detallados, inclusive los procedimientos de soldadura de juntas, que intervienen en la ejecución de soldadura.
Proceso de soldadura	Un proceso de unión, que produce coalescencia de materiales calentándolos hasta la temperatura de soldadura, con o sin la aplicación de presión o por la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aporte.
Profundidad de fusión	Profundidad a la cual se funde el metal de base, durante el proceso de soldadura.
Punto de fluencia	El primer esfuerzo en un material, generalmente menor que el esfuerzo máximo alcanzable, al que ocurre un incremento en la deformación sin haber incremento del esfuerzo. Sólo ciertos materiales tienen punto de fluencia.
Punto de soldadura	Es una soldadura provisional, generalmente muy corta, hecha para sujetar las piezas en alineación apropiada, hasta que se termine de soldar.

Radiografía	Imagen fotográfica de sombras, que resulta de la absorción desigual de radiación en el objeto que se está sometiendo a radiación penetrante.
Raíz de una junta	La posición de acercamiento más próximo entre las partes de la junta a soldar.
Rayos X	Radiación electromagnética, de longitud de onda menor de alrededor de 500 unidades angstrom, emitida como resultado de la desaceleración de electrones en movimiento rápido.
Reborde hueco	Termino en tubería, para designar la porosidad en el refuerzo de la raíz.
Recocido a la llama	Recocido en el que el calor se aplica directamente por medio de una llama.
Recubrimiento con soldadura	Es cuando se aplican capas de material de aporte sobre la superficie del metal base con el objeto de darle características deseadas.
Recubrimiento duro	Depósito de metal de aporte sobre una superficie, que se efectúa por soldadura, rociado o soldadura fuerte, con objeto de darle resistencia a la abrasión, a la erosión, al desgaste, al desgarramiento y al impacto.
Reducción de área	La diferencia entre el área original en la sección transversal y la del área más pequeña en el punto de ruptura, generalmente se expresa como porcentaje del área original.

Refractario	<p>(1) Material de muy alto punto de fusión, con propiedades que lo hacen adecuado para usos tales como los revestimientos de los hornos y la construcción de los mismos.</p> <p>(2) La cualidad de resistencia al calor.</p>
Refuerzo de soldadura	<p>(1) En una junta a tope, el metal de soldadura aplicado sobre la cara de la soldadura que se extiende más allá de una superficie plana común a los miembros que se están soldando.</p> <p>(2) En una soldadura de filete, el metal de soldadura que contribuye a la convexidad.</p>
Régimen o rapidez de fusión	En la soldadura por arco eléctrico, el peso o la longitud de electrodo que se funde por unidad de tiempo, se llama régimen de fusión o régimen de quemado del electrodo.
Reóstato	Un resistor variable, que tiene una terminal fija y un contacto movable.
Resistencia a la fluencia	Esfuerzo al cual exhibe el material una desviación específica respecto a la proporcionalidad del esfuerzo y la deformación. Se usa una desviación de 0.2 % para muchos metales.
Resistencia del impacto	Energía absorbida, durante una fractura por un impacto de un dispositivo especialmente hecho.
Resistencia eléctrica	Es la oposición que presentan los electrones a ser desplazados a través de un conductor.
Resistencia máx. o de ruptura	El esfuerzo convencional máximo, sea de tensión, de compresión o cortante, que puede resistir un material.

Respaldo	Un material o dispositivo, que se coloca contra la parte posterior de la unión o en ambos lados de un cordón, para apoyar y retener el metal de soldadura fundido. El material puede ser parcialmente fusionado o permanecer sin fusión durante la soldadura y puede ser metálico o no.
Reticular	Elementos o cuerdas ensamblados en forma de malla, creando una figura de redcilla o red.
Retroceso de llama	El retroceso o regreso de una llama hacia el interior o hacia la parte trasera del interior del soplete.
Salpicaduras	Las partículas de metal expelidas durante la soldadura y que no forman parte del mismo.
Secuencia de deposito	Orden en el cual se depositan los incrementos de metal de aporte.
Separación de la raíz	La distancia entre los miembros que se van a unir en la raíz de la junta.
Sin tratamiento	La condición en que queda el metal de soldadura, las uniones soldadas y la estructura después de soldarse y antes de someterlas a cualquier tratamiento térmico o mecánico.
Sobremonta	Refuerzo excesivo.
Socavadura	Una ranura fundida en el metal base adyacente al pie de la soldadura y que no ha sido llenada por el metal de soldadura.
Solape	Amontonamiento del metal de soldadura más allá de la línea del pie del cordón.

Soldabilidad	Capacidad de un metal para aceptar que se le una por soldadura bajo condiciones específicas.
Soldadura	(1) Unión de dos o más piezas de material, que se logra mediante la aplicación de calor, presión o ambos, con o sin material de aporte, para producir una unión localizada. (2) Unión hecha con soldadura.
Soldadura a tope	La soldadura hecha en la unión de dos piezas de metal en el mismo plano.
Soldadura abajo de mano	Igual que soldadura hecha en posición plana.
Soldadura ascendente	Indica que las soldaduras se hacen desde la parte inferior hacia la parte superior.
Soldadura con arco de carbón	Soldadura en la cual se mantiene un arco eléctrico entre un electrodo de carbón no consumible y la pieza de trabajo.
Soldadura continua	Soldadura que se extiende en forma continua, desde un extremo de una junta hasta el otro, cuando la junta es esencialmente circular, alrededor de toda la junta.
Soldadura de arco	Soldadura hecha por medio de un arco eléctrico.
Soldadura de bajo punto de fusión	Similar a la soldadura fuerte, con la diferencia de que el metal de aporte tiene un intervalo de temperatura de fusión por debajo de un valor arbitrario, que generalmente es de 800 °F. Las soldaduras de bajo punto de fusión, que también se conocen como soldaduras blandas, son generalmente aleaciones de plomo y estaño.

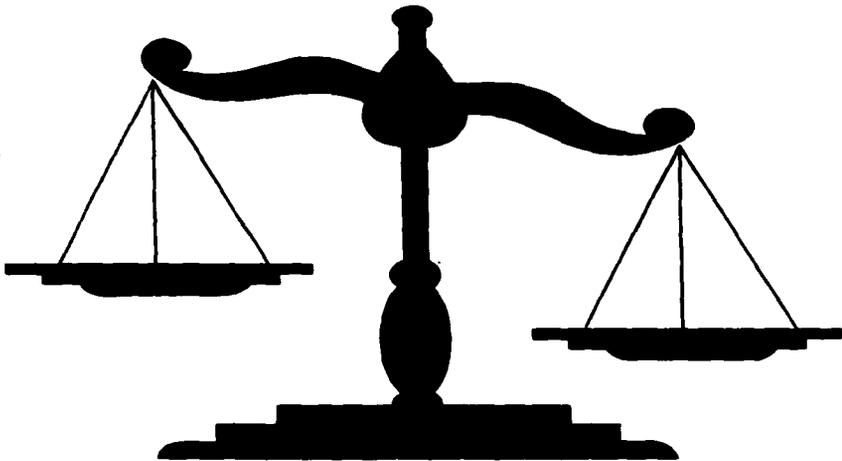
Soldadura de estado sólido	Cualquier método de soldadura en el que se utiliza presión o calor y presión, para realizar la soldadura sin fusión.
Soldadura de filete	Soldadura de sección transversal aproximadamente triangular que une dos superficies situadas esencialmente en ángulo recto entre si en una junta de traslape, en T o de esquina.
Soldadura de ranura	Soldadura que se aplica en la ranura de sección que hay entre dos miembros. Los tipos estándares son cuadrada, de una sola bisel, de una sola V, de una sola J, de una sola U, de doble bisel, de doble V, de doble J y de doble U.
Soldadura de respaldo	Soldadura depositada en la parte posterior de un cordón de ranura sencilla.
Soldadura de sello	Cualquier soldadura que se utilice primordialmente para obtener hermetismo y prevenir fugas.
Soldadura de tapón	Soldadura circular, efectuada ya sea por soldadura de arco o de gas, a través de un miembro de una junta traslapada o en forma de T. Si se usa un agujero, sólo puede llenarse éste parcialmente.
Soldadura intermitente	Soldadura en la que se interrumpe la continuidad por espacios recurrentes sin soldar.
Soplete	Quemador de gas que se emplea para la soldadura, para cortar o para soldar a gas.
Soplo magnético	Desviación de un arco eléctrico respecto a su trayectoria normal a causa de fuerzas magnéticas.

Soporte	Material (metal, asbesto, carbón, fúndente granulado, etc.) soportando la unión por el lado opuesto durante la operación de soldadura, para mejorar la calidad de la unión en la raíz.
Subcorte	Un corte fundido dentro del metal base y adyacente al brazo de la raíz de un cordón y que no se rellena con metal de soldadura.
Subllenado	Una depresión sobre la cara del cordón o sobre la superficie de la raíz que se extiende por debajo de la superficie del metal adyacente.
Sujeción por punto	Una forma para mantener las partes de una soldadura con una alineación adecuada hasta que se haga la soldadura final.
Sustrato	Cualquier material de base al cual se aplica un rocío térmico de revestimiento.
Temperatura de transformación	La temperatura a la cual ocurre o tiene lugar un cambio de fase. Se emplea a veces esta expresión para designar la temperatura de límite de un intervalo de transformación.
Temperatura entre pasadas	En una soldadura de varias pasadas, la temperatura más baja de una pasada antes de iniciarse la pasada subsecuente.
Templabilidad	En una aleación ferrosa, la propiedad que determina la profundidad y distribución de la dureza inducida por el enfriamiento rápido.
Tensión del arco	El voltaje que pasa a través del arco de soldadura.
Tierra	Un termino no estándar, para designar la terminal negativa.

Trabajo soldado	Un montaje cuyas partes componentes se unen por medio de soldadura.
Tratamiento térmico para la liberación de esfuerzos	El calentamiento de una estructura o de una porción de ella a una temperatura suficiente para liberar la mayor cantidad de las tensiones residuales, seguidas por un enfriamiento uniforme.
Varilla de soldadura	Metal de aporte en forma de varilla o de alambre, que se utiliza para soldar.
Vehículo convencional	Vehículo automotor con chasis, al cual se le instala una carrocería para el transporte de personas.
Vehículo integral	Vehículo automotor de estructura integral que incluye todas las partes mecánicas, equipo y accesorios para su operación, tales como, tren motriz, suspensión, sistema de frenos, neumáticos y la carrocería.
Velocidad de fundido	El peso o la longitud del electrodo fundido en una unidad de tiempo.
Voltaje de arco	El voltaje a través del arco de soldadura.
Voltaje de circuito abierto	El voltaje entre las terminales de salida de la máquina de soldar cuando no hay corriente fluyendo en el circuito de soldar.
Zona afectada por el calor	La porción del metal base que no se fundió durante el proceso de soldadura fuerte, corte o de soldadura eléctrica, pero cuya microestructura y propiedades físicas fueron alteradas por el calor.

ANEXO 2

UNIDADES Y EQUIVALENCIAS.



SISTEMA INTERNACIONAL.

UNIDADES BÁSICAS		
Cantidad fundamental	Nombre de la unidad	Símbolo de la unidad
Longitud (l)	metro	m.
Masa (m)	kilogramo	kg.
Tiempo (t)	segundo	s.
Temperatura termodinámica (T)	kelvin	k
Corriente eléctrica (i)	ampere	A
Intensidad luminosa (L)	candela	cd
Cantidad de sustancia(n)	mol	mol
UNIDADES COMPLEMENTARIAS		
Ángulo plano (θ)	radian	rad.
Ángulo sólido (Ω)	esterradian	sr

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS (PREFIJOS)

Para ampliar o reducir el tamaño de una unidad SI se utilizan los múltiplos y submúltiplos de la misma, que se obtienen multiplicando como factores, potencias del número 10.

Nombre	Símbolo	Valor multiplicativo
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9
mega	M	10^6
kilo	K	10^3
mili	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	η	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
fento	f	10^{-15}
ato	α	10^{-18}

UNIDADES DERIVADAS		
Fuerza (y peso)	newton	N
Presión y esfuerzo	pascal	Pa
Frecuencia o periodicidad	hertz	Hz
Trabajo y energía	joule	J
Potencia y flujo de energía	watt	W

UNIDADES AUXILIARES	
De tiempo	De ángulo
hora (hr.)	grado (°)
minuto (min.)	minuto (')
segundo (seg.)	segundo (")

EQUIVALENCIAS
1 tonelada (ton.) = 10^3 kg.
1 tonelada (ton) = 2000 lb
1 litro (Lt.) = 10^3 m ³
temperatura en °K = temperatura en °C + 273.15
$t (°C) = (t (°F) - 32) / 1.8 = 5 / 9 (t (°F) - 32)$
Unidad de presión bar (b) = 10^5 N/m ²
1 b = 10^5 Pa = 100 kPa
1 mb = 100 Pa = 10^5 mPa
1 kgf = (1 kg) (9.80665 m/s ²) = 9.80665 kg m/s ²
1 kgf = 10 N
1 pie (ft) = 0.3048 m
1 libra (lb) = 0.4536 kg
1 lbf = 0.4536 kgf = 4.4482 N
1 pulgada (plg) = 1/12 ft
1 yarda (yd) = 3 ft
1 milla (mi) = 5280 ft

EQUIVALENCIAS DE UNIDADES MÉTRICAS USUALES

LONGITUD	
1 m	= 10 dm = 100 cm = 1000 mm
1 cm	= 1 / 100 m = 10 ⁻² m = 10 mm
1 mm	= 1 / 1000 m = 10 ⁻³ m
1 km	= 10 ³ m = 1000 m = 10 ⁴ dm = 10 ⁵ cm = 10 ⁶ mm
ÁREA	
1 m ²	= 10 ⁴ cm ² = 10 ⁶ mm ²
1 km ²	= 10 ⁶ m ² = 100 ha (hectárea)
VOLUMEN	
1 m ³	= 10 ³ dm ³ = 10 ⁶ cm ³ = 10 ³ Lt (litro) = 10 hl (hectolitro)
1 km ³	= 10 ⁹ m ³ = 10 ¹² L
MASA	
1 kg	= 10 ³ g = 10 ⁶ mg = 10 ⁶ µg (microgramo)
1 Mg	= 10 ³ kg = 1 ton (tonelada)
1 g	= 10 ⁻³ kg
TIEMPO	
1 s	= 10 ³ µs = 1 / 60 min.
1 h	= 60 min. = 3600 s
1 día	= 24 h = 1440 min. = 86400 s
FUERZA	
1 kgf	= 9.8066 N = 10 ⁻³ tf (tonelada fuerza)
1 dina	= 10 ⁻⁵ N = 0.01 Nm = 0.102 X 10 ⁻⁵ khf
PRESIÓN Y ESFUERZO	
1 kgf / cm ²	= 98.066 kN / m ² = 98.066 kPa
1 b (bar)	= 10 ⁵ Pa = 100 kPa = 1.02 kgf / cm ²
1 torr (mm Hg)	= 133 Pa = 1.33 X 10 ⁻³ b = 1.33 µb
TRABAJO Y ENERGÍA	
1 kgf m	= 9.8066 J = 0.239 X 10 ⁻³ kcal (kilocaloría)
1 kcal	= 4186.8 J = 4.187 kJ
1 kw h	= 3.6 X 10 ⁶ J = 3.6 MJ
POTENCIA	
1 kgf m / s	= 9.8066 W = 9.81 X 10 ⁻³ kW
1 kcal / h	= 1.16 W = 1.16 X 10 ⁻³ kW

EQUIVALENCIAS MÉTRICAS DE UNIDADES INGLESAS

LONGITUD
1 ft (pie) = 0.3048 m
1 plg (pulgada) = 0.0254 m = 25.4 mm
1 yd (yarda) = 0.9144 m
1 mi (milla) = 1609 m = 1.609 km
1 nmi (milla náutica) = 1852 m = 1.852 km
ÁREA
1 ft ² = 0.0929 m ² = 929 cm ²
1 plg ² = 6.452 X 10 ⁻⁴ m ² = 6.452 cm ²
1 yd ² = 0.8361 m ² = 8361 cm ²
VOLUMEN
1 ft ³ = 0.0283 m ³ = 28.3 Lt
1 plg ³ = 1.6387 X 10 ⁻⁵ m ³ = 16.387 cm ³
1 gal (galón) = 3.7854 X 10 ⁻³ m ³ = 3.785 Lt
MASA
1 lb = 0.4536 kg = 453.6 g
1 slug = 14.594 kg
1 oz (onza) = 0.02835 kg = 28.35 g
FUERZA
1 lbf = 4.4482 N = 0.4536 kgf
1 tonf = 8,8964 kN = 907.2 kgf
PRESIÓN Y ESFUERZO
1 lbf / plg ² (psi) = 6.8947 kPa = 0.07031 kgf / cm ²
TRABAJO Y ENERGÍA
1 ft lbf = 1.3558 J = 0.1382 kgf m
1 Btu = 1055 J = 1.0550 kJ = 0.252 kcal
POTENCIA
1 ft lbf / s = 1.3558 W = 0.1382 kgf m
1 hp (caballo) = 746 W = 0.746 kw
1 Btu / s = 1.0550 kw = 0.252 kcal / s

BIBLIOGRAFÍA.

- | | |
|---|-------------------------|
| EL CONTROL INTEGRADO DE GESTIÓN
FRANCISCO BLANCO ILLESCAS | LIMUSA |
| MANUAL DEL SUPERVISOR EFECTIVO
LOUIS V. IMUNDO | CECSA |
| MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
HANDLEY, WILLIAM | |
| SOLDADURA Y METALURGIA
FERNÁNDEZ FLORES GUILLERMO. | CECSA |
| SOLDADURA AUTOMÁTICA.
HAMMOND, ROLT. | |
| SOLDADURA APLICACIONES Y PRÁCTICA.
HENRY HORWITZ. | REP. Y SERV.
DE ING. |
| SOLDADURA 3a. edición.
JAMES A. PENDER | Mc GRAW
HILL. |
| LA SEGURIDAD INDUSTRIAL SU ADMINISTRACIÓN
JHON V. GRIMALDI, V SIMONDS | Alfa Omega |

TRATADO GENERAL DE SOLDADURA
TOMOS: 1, 2 Y 3.
PAUL SHIMPKE, HANS A. HORN.

GUSTAVO
GILI

SOLDADURA Y CORTE DE METALES.
JANAPETOV, M.

MANUAL DE FÓRMULAS TÉCNICAS.
GIECK, KURT

SOLDADURA. I.P.N.
VARIOS.

TRATADO DE SOLDADURA
LANCASTER, JHON F.

SOLDADURA INDUSTRIAL: CLASES Y APLICACIONES.
PERE MOLERA SOLÁ.

ELECTROSOLDADURA.
RUIZ MIJAREZ A.

TECNOLOGÍA ELEMENTAL DE LA SOLDADURA POR
ARCO ELÉCTRICO.
GUADILLA LÓPEZ ANTONIO.

LAS SOLDADURAS.
D. SEFERIAN

URMO

INTERPRETACIÓN DE RADIOGRAFÍAS PARA EL MARCOMBO
CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA INDUSTRIAL.
DE LA VEGA MUÑOZ CARLOS ARTURO

**PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS PARA SOLDADURA I.P.N.
INDUSTRIAL.**

ESPINOZA FERNÁNDEZ MIGUEL A.

SOLDADURA.

FERNÁNDEZ FLORES GUILLERMO

CECSA

SOLDADURA POR GAS.

RUIZ MIJAREZ A.

**REP. Y SERV.
DE ING.**

GUÍA DE ACCIÓN PARA SUPERVISORES DE LÍNEA,

BENITEZ AGUIRRE HOMERO

CURSO PARA SUPERVISORES DE PRODUCCIÓN.

RAMÍREZ CAVASSA CESAR

SEGURIDAD INDUSTRIAL.

ROBERTO RAMÍREZ MALPICA.

LIMUSA

REGLAMENTO DE TRANSITO DEL DISTRITO FEDERAL D.D.F.

1989.

**ANTEPROYECTO DE RECOMENDACIONES SOBRE
SEGURIDAD Y ADECUACIÓN AL MEDIO AMBIENTE
PARA LOS AUTOBUSES QUE OPEREN EN LA CIUDAD
DE MÉXICO.**

D.D.F.

**Coordinación
general de
transporte.**

**Dirección
general de
estudios y
anteproyec-
tos.**

Marzo 1992.

HEMEROGRAFIA.

GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL D.D.F. DISTRITO FEDERAL.

Sexta Época, Tomo II, No. 27, 8 de agosto de 1994.

DIARIO "LA JORNADA"

Director Fundador Carlos Payan Vélver.

Director General Carmen Lira Saade.

**DEMOS S.A.
Desarrollo de
medios.**

DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN.

Lunes 9 de noviembre de 1992.

Norma D-280-1992

**Características y especificaciones técnicas y de seguridad para
los vehículos automotores de más de 9 personas.**

**Secretaría de
Gobernación**