

# **ESCUELA POLITÈCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÒN TECNOLÒGICA**

**CÀLCULO Y ANÀLISIS DEL RÈGIMEN DE SOLDADURA  
PARA EL PROCESO SMAW EN ACEROS AL CARBONO  
Y ALEADOS Y LA IMPLEMENTACIÒN DEL SOFTWARE  
DE APLICACIÒN**

**POYECTO PREVIO A LA OBTENCIÒN DEL TÌTULO DE  
TECNÒLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCIÒN  
MECÀNICA**

**DARWIN PAÙL HIDALGO ANDRANGO**

**HUGO LIMBER LOZADA CEDEÑO**

**DIRECTOR: ING. DIEGO ESPINOSA**

**QUITO, JUNIO 2007**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Darwin Paúl Hidalgo Andrango, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Darwin Paúl Hidalgo Andrango**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Hugo Limber Lozada Cedeño, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que este no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Hugo Limber Lozada Cedeño**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Darwin Paúl Hidalgo Andrango y Hugo Limber Lozada Cedeño bajo mi supervisión.

---

Ing. Diego Espinosa  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## *Dedicatoria*

*Este trabajo se lo dedico a mi familia especialmente a mis Padres, Francisco y María De Lourdes y a mi Hermano Cristian que siempre han sido un apoyo incondicional a lo largo de mi vida y cuyo esfuerzo y superación anhelo emular.*

*Agradecimiento.*

*Agradezco infinitamente a Dios, y a mis Padres por luz de la vida y del saber,  
ansío trabajar con el esfuerzo que me enseñaron para ser digno de su orgullo.*

### *Dedicatoria*

*A mis queridos Padres (Hugo, Flor Maria), que con su amor y comprensión  
Han sabido guiar mi vida por el sendero de la verdad y la justicia a fin de  
engrandecer a mi Patria y honrar a mi Familia.*

*Doy gracias el haberme Brindado el fruto de su esfuerzo Y sacrificio por  
ofrecerme Un mañana mejor.*

*Agradecimiento.*

*A toda mi familia que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente,*

*A mis primos que siempre confiaron en mí.*

*A todos los profesores que fueron parte importante para el desarrollo de mi formación. Al Ing. Diego Espinosa, nuestro profesor Tutor.*



# CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
DEFINICIONES GENERALES.....	1
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
EJECUCION.....	2
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÒN, HISTORIA, SIMBOLOGÌA, CONCEPTOS BÀSICOS.....</b>	<b>3</b>
1.1 INTRODUCCIÒN.....	3
1.1.1 PROCESOS DE FABRICACIÒN.....	4
1.1.2 PROCESOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÒN DE ELEMENTOS METÀLICOS.....	4
1.1.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÒN.....	5
1.1.2.2 PROCESO TECNOLÒGICO.....	5
1.1.3 CLASIFICACIÒN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÒN.....	6
1.1.3.1 PROCESOS DE CONSERVACIÒN DE MASA.....	6
1.1.3.2 PROCESOS DE REDUCCIÒN DE MASA.....	6
1.1.3.3 PROCESOS DE ENSAMBLE O UNIÒN.....	6
1.2 HISTORIA DE LA SOLDADURA.....	7
1.2.1 PERSPECTIVAS DE LA SOLDADURA.....	8
1.2.2 VENTAJAS DE LA SOLDADURA RESPECTO A OTROS PROCESOS.....	8
1.2.3 DESVENTAJAS DE LA SOLDADURA RESPECTO A OTROS PROCESOS.....	9
1.3 SIMBOLOGÌA GENERAL.....	10
1.3.1 SÌMBOLOS DE SOLDADURA.....	10
1.3.2 PARTES DEL SÌMBOLO DE SOLDADURA.....	12
1.3.3 COMBINACIÒN DE SÌMBOLOS Y RESULTADOS.....	13
1.3.4 APLICACIONES DE LOS SÌMBOLOS DE SOLDADURA.....	14
1.3.5 SÌMBOLOS PARA SOLDADURA SEGÙN AWS.....	15
1.3.6 SÌMBOLOS SUPLEMENTARIOS.....	16
1.3.7 SÌMBOLO PARA LAS SOLDADURAS DE FILETE.....	17
1.3.8 SÌMBOLOS PARA LAS SOLDADURAS DE CANAL.....	20
1.3.9 SÌMBOLOS PARA LA SOLDADURA DE CONEXIÒN Y ÓVALOS.....	26
1.4 CONCEPTOS BÀSICOS.....	27
1.4.1 SOLDADURA.....	27
1.4.2 CORDÓN DE SOLDADURA.....	28
1.4.3 COSTURA.....	28
1.4.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CALIFICADO.....	28
1.4.5 CODIGOS.....	29
1.4.6 CODIGOS DE SOLDADURA.....	29
1.4.6.1 CODIGO ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecànicos).....	29
1.4.6.2 CODIGO AWS (American Welding Society).....	29
1.4.7 CALIFICACIONES.....	31
1.4.7.1 IMPORTANCIA DE LAS CALIFICACIONES.....	31
1.4.7.2 PARTES DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.....	31

1.4.8	ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)	31
1.4.8.1	CONTENIDO DE LA WPS	32
1.4.8.2	INFORMACIÓN ADICIONAL QUE SE CONSIDERE NECESARIA PARA OBTENER LAS SOLDADURAS DESEADAS	32
1.4.9	REGISTRO DE LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)	33
1.4.9.1	OBTENCIÓN DEL PQR	33
1.4.9.2	OBTENCIÓN DEL WPQ	33
1.4.10	SECUENCIA DE UNA CALIFICACIÓN	34
1.4.11	W.P.S. EN FILETE	35
1.4.12	WPS EN BISEL	36
1.4.13	PROBETAS CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO	36
1.4.14	WPQ EN BISEL	37
1.4.15	PROBETAS PARA CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO EN TUBERÍA	38
1.4.16	ENSAYOS MECÁNICOS ASME SECCIÓN IX: 2001 Y AWS D1.1:2004	38
1.4.17	ENSAYOS MECÁNICOS ESTÁNDAR API 1104:1999	39
1.4.18	Preparación Probetas ASME SECCIÓN IX	39
1.4.19	Probeta de Doble ASME Y AWS D1.1	40

## **CAPITULO II ..... 41**

### **2 PROCESO DE SOLDADURA SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING) 41**

2.1	DEFINICION DEL PROCESO	41
2.2	EQUIPO BÁSICO PARA SOLDAR POR ARCO	42
2.3	ELECTRICIDAD	42
2.3.1	CALOR	43
2.4	ELECTRICIDAD EN LAS MÁQUINAS PARA SOLDAR	43
2.4.1	PROCESOS Y FUENTES DE POTENCIA	45
2.4.1.1	RECOMENDACIÓN DE FUENTE DE POTENCIA (TABLA 2.4.1)	45
2.5	MÁQUINAS DE SOLDAR CON ARCO	45
2.5.1	MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA	45
2.5.2	MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA	46
2.5.3	MÁQUINAS DE CA Y CC	46
2.6	DEFINICIONES	46
2.6.1	CORRIENTE ALTERNA (CA)	47
2.6.2	CORRIENTE CONTINUA (CC)	47
2.6.3	VOLTAJE (V)	47
2.6.4	VOLTAJE DE ARCO (VA)	47
2.6.5	VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO (VCA)	47
2.6.6	CURVAS DE VOLTS Y AMPERES	47
2.6.7	AMPERAJE (A)	47
2.6.8	CICLO DE TRABAJO	48
2.6.9	COMPARACIÓN DE LA CORRIENTE PARA SOLDAR	48
2.7	CABLES PARA SOLDAR	48
2.8	PORTAELECTRODOS	49

2.9	GRAPAS PARA TIERRA.....	49
2.10	EL CIRCUITO PARA SOLDADURA .....	49
2.11	POLARIDAD.....	50
2.11.1	DENOMINACIÓN NOMBRE SIGNO COMÚN .....	51
2.12	ESCUDO PROTECTOR.....	51
2.12.1	RECOMENDACIÓN DE LENTES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE SOLDADURA.....	51
2.13	ROPA DEL SOLDADOR .....	52
2.14	ELECTRODOS.....	52
2.14.1	EL ALAMBRE DEL NÚCLEO .....	52
2.14.2	RECUBRIMIENTOS .....	53
2.14.2.1	FUNCIONES DE LOS RECUBRIMIENTOS:.....	53
2.15	ESCORIA.....	53
2.15.1	DIAMETRO DEL ELECTRODO.....	54
2.15.2	AMPERAJE.....	54
2.16	TIPOS DE ELECTRODOS.....	55
2.17	IDENTIFICACION DE LOS ELECTRODOS .....	55
2.18	CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS .....	56
2.18.1	ACERO DULCE .....	56
2.18.1.1	CLASIFICACIÓN DE LAS POSICIONES DE SOLDADURA .....	57
2.18.2	ACERO DE ALTO CARBONO.....	57
2.19	ORIENTACION DEL ELECTRODO .....	57
2.20	SELECCIÓN DE ELECTRODO .....	58
2.21	ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.22	TIPOS DE JUNTAS.....	60
2.22.1	A TRASLAPE .....	60
2.22.2	A TOPE .....	60
2.22.3	EN ESQUINA A 90° .....	60
2.22.4	DE BRIDA .....	60
2.22.5	EN "T" .....	61
2.23	FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA CON METAL Y ARCO PROTEGIDO (SMAW)	61
2.23.1	PERICIA Y PRÁCTICA.....	61
2.23.1.1	POSICIÓN CORRECTA.....	62
2.23.1.2	LONGITUD DEL ARCO.....	62
2.23.1.3	ÁNGULO DEL ELECTRODO.....	62
2.23.1.4	VELOCIDAD DEL ELECTRODO.....	62
2.23.1.5	AMPERAJE.....	62
2.24	DEFECTOS EN LA SOLDADURA .....	62
2.24.1	FISURAS.....	63
2.24.1.1	CLASIFICACIÓN DE LAS FISURAS.....	63
2.24.2	POROSIDADES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

2.24.2.1	CLASIFICACIÓN DE LAS POROSIDADES.....	64
2.24.3	INCLUSIONES DE ESCORIA .....	64
2.24.3.1	CLASIFICACIÓN DE LAS INCLUSIONES SÓLIDAS.....	64
2.24.4	FALTA DE FUSION Y DE PENETRACION.....	65
2.24.4.1	CLASIFICACIÓN DE LA FALTA DE FUSIÓN Y DE PENETRACIÓN.....	65
2.24.5	DEFECTOS DE FORMA .....	66
2.25	NIVELES DE SOLDADURA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.26	SEGURIDAD .....	66
2.26.1	RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE SOLDADURA Shield Metal Arc Welding (SMAW).....	66
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>67</b>
<b>3</b>	<b>SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AL CARBONO Y ALEADOS.....</b>	<b>67</b>
3.1	CONCEPTOS GENERALES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1.1	CONCEPTO DE SOLDADURA .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1.2	CONCEPTO DE SOLDABILIDAD .....	67
3.2	DIVERSOS ASPECTOS DE LA SOLDABILIDAD.....	67
3.2.1	SOLDABILIDAD DE LOS METALES Y ALEACIONES .....	69
3.3	ASPECTO METALÚRGICO DE LA SOLDADURA .....	71
3.3.1	ZONA FUNDIDA .....	73
3.3.1.1	MODIFICACIONES QUÍMICAS.....	73
3.3.1.1.1	PÉRDIDA DE ELEMENTOS POR OXIDACIÓN.....	74
3.3.1.1.2	FIJACIÓN DE ELEMENTOS DE INFLUENCIA DESFAVORABLE.....	76
3.3.1.2	ABSORCIÓN DE GAS POR EL METAL FUNDIDO .....	76
3.3.1.3	LAS TRANSFORMACIONES EUTÉCTICAS .....	76
3.3.1.4	MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DE LA ZONA FUNDIDA .....	77
3.3.2	METAL DE BASE .....	78
3.3.2.1	MODIFICACIONES ESTRUCTURALES EN EL METAL DE BASE .....	78
3.4	PRECALENTAMIENTO Y TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR EN LAS UNIONES SOLDADAS.....	79
3.4.1	FACTORES DE AGRIETAMIENTO .....	79
3.4.2	CARBONO EQUIVALENTE .....	80
3.4.3	DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO .....	81
3.4.3.1	CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO POR EL METODO DE SEFERIAN.....	81
3.5	ACERO .....	83
3.5.1	CLASIFICACIÓN DE ACEROS ATENDIENDO AL PORCENTAJE DE CARBONO.....	83
3.5.2	CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS ATENDIENDO AL GRADO DE DESOXIDACIÓN .....	84
3.5.3	CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS ATENDIENDO A SU CONSTITUCIÓN ..	84
3.5.4	CLASIFICACION DE LOS ACEROS ATENDIENDO A SU COMPOSICIÓN ..	85
3.5.5	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DESIGNACION DE LOS ACEROS COMUNES	86
3.5.5.1	ACEROS AL CARBONO .....	86
3.5.6	ACEROS NORMA SAE AISI.....	87
3.5.7	INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LAS PROPIEDADES DE LOS ACEROS .....	88

<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>91</b>
<b>4 CÀLCULO DEL RÈGIMEN DE SOLDADURA PARA PROCESO SMAW MEDIANTE EL SOFTWARE DE SOLDADURA.....</b>	<b>91</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	91
4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE .....	91
4.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS PARA CÀLCULO DE INFORMACIÒN ...	92
4.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO 1 (DP1) .....	93
Càlculo del diàmetro del electrodo .....	93
4.2.3 DIAGRAMA DE PROCESO 2 .....	93
4.2.4 DIAGRAMA DE CALIFICACIÒN DE SOLDABILIDAD .....	94
Tabla 4.3 Rango de soldabilidad en funciòn del contenido de C .....	94
4.2.5 DIAGRAMA DE SELECCIÒN DE TIPO DE ELECTRODO .....	94
4.3 INTERFACES.....	96
4.3.1 INTERFACES DEL SISTEMA.....	96
4.3.2 INTERFACES DE USUARIO .....	96
4.3.3 INTERFACES DE HARDWARE .....	97
4.3.4 INTERFACES DEL SOFTWARE .....	97
4.3.5 CARACTERÍSTICAS DE USUARIOS .....	98
4.3.6 REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA .....	98
4.3.7 RESTRICCIONES DE DISEÑO.....	98
4.3.7.1 LIMITACIONES DE HARDWARE.....	98
4.3.8 ATRIBUTOS .....	99
4.3.8.1 SEGURIDAD.....	99
4.3.8.2 MANTENIMIENTO.....	99
4.3.9 IMPLEMENTACIÒN .....	99
4.4 MANUAL DEL SOFTWARE .....	101
4.4.1 DESCRIPCIÒN DEL PROGRAMA .....	101
4.4.2 CAMPOS PARA DATOS .....	104
4.4.3 SECCIONES DE INFORMACION .....	105
4.4.3.1 IDENTIFICACIÒN HOJA WPS (WELDING PROCEDURE SHIELD).....	105
4.4.3.2 MATERIAL BASE .....	106
4.4.3.3 PARÀMETROS .....	108
4.4.3.4 ELECTRODOS .....	109
4.4.3.5 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA .....	111
4.4.3.6 JUNTA.....	112
4.4.3.7 GEOMETRÍA DE LA JUNTA .....	113
4.4.3.8 TRATAMIENTO TÉRMICO POS-SOLDADURA .....	113
4.4.4 CALCULO DE REGIMEN DE SOLDADURA MEDIANTE EL SOFTWARE WPS	115
4.4.4.1 REGISTRO DE WPS.....	115
4.4.4.2 CÀLCULO CON INFORMACIÒN DE PORCENTAJES DE COMPOSICIÒN	
QUÍMICA DISPONIBLE.....	115
4.4.4.3 CÀLCULO CON DATOS A PARTIR DE LA NORMA AISI DE LA BASE DE	
DATOS .....	116
4.4.4.4 CÀLCULO DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO.....	116
4.4.4.5 RECONOCIMIENTO DE SOLDABILIDAD .....	117
4.4.4.6 CÀLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE .....	117
4.4.4.7 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE AVANCE Y CALOR ENTREGADO... ..	118
4.4.4.8 SELECCIÒN DE ELECTRODOS .....	118
4.4.4.9 RESUMEN DEL RÈGIMEN DE SOLDADURA.....	119

4.4.4.10	ADJUNTAR IMÁGENES DE TIPOS Y ESPECIFICACIONES DE LA JUNTA A SOLDAR.....	120
4.4.4.11	INGRESO DE DATOS ACERCA DE LA GEOMETRÍA DE LA JUNTA.....	121
4.4.4.12	ENTRADA DE DATOS ACERCA DE TRATAMIENTO TÉRMICO POS-SOLDADURA .....	122
4.4.4.13	IMPRESIÓN DE LA WPS .....	122
4.4.4.14	CREAR UNA NUEVA WPS .....	122

**CAPITULO V..... 123**

**5 ANALISIS DE RESULTADOS ..... 123**

5.1	INFORME DE PRÁCTICAS Y ENSAYOS REALIZADOS .....	123
5.1.1	PRÁCTICAS DE SOLDADURA .....	123
5.1.1.1	ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO A36 .....	123
5.1.1.1.1	PREPARACIÓN DEL MATERIAL BASE .....	123
5.1.1.1.2	SOLDADURA DE RAIZ .....	123
5.1.1.1.3	SOLDADURA DE RELLENO.....	124
5.1.1.1.4	SOLDADURA DE SELLADO .....	124
5.1.1.1.5	CONCLUSIONES: .....	124
5.1.1.1.6	RECOMENDACIONES:.....	124
5.1.1.2	ACERO DE ALTO CONTENIDO DE CARBONO K460 .....	125
5.1.1.2.1	PREPARACIÓN DEL MATERIAL BASE .....	125
5.1.1.2.2	SOLDADURA DE RAIZ .....	125
5.1.1.2.3	SOLDADURA DE RELLENO.....	125
5.1.1.2.4	SOLDADURA DE SELLADO .....	126
5.1.2	ENSAYOS DE DOBLADO .....	126
5.1.2.1	ELABORACION DE LAS PROBETAS .....	126
5.1.2.2	PROCEDIMIENTO DE DOBLADO .....	126
5.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	127
5.2.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRACTICAS DE SOLDADURA.....	127
5.2.2	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO .....	128
5.2.3	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN LATERAL .....	130
5.2.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SOFTWARE DE SOLDADURA .....	131

**CAPITULO IV..... 132**

**6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 132**

6.1	CONCLUSIONES .....	132
6.2	RECOMENDACIONES .....	135
6.3	BIBLIOGRAFIA .....	136

## RESUMEN

Este Proyecto de Titulación se realizó, debido a la inexistencia de un software que permita realizar cálculos de los parámetros y variables que afectan de una manera directa a la calidad y funcionalidad de una unión soldada, utilizando como referencia un documento de procedimiento de soldadura, WPS (Welding Procedure Specification).

Es conveniente mencionar que los tres primeros capítulos contienen el fundamento científico-tecnológico que se emplea en la formulación, proceso y determinación de las variables incluidas en un WPS, además decir que en el capítulo cuarto se encuentra el diseño y desarrollo del software, así como el manual que permite el manejo y cálculo de los parámetros del proceso de soldadura.

En el primer capítulo se encuentra las generalidades, historia, simbología y conceptos básicos que se maneja en los procedimientos de soldadura, así también el uso y adopción de códigos y normas que califican al proceso. En el capítulo dos se detalla el procedimiento de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Dentro del tercer capítulo se describe los diferentes aspectos que afectan a la soldabilidad de los aceros al Carbono y Aleados. El capítulo cuatro contiene el diseño, desarrollo e implementación del software de aplicación. En el capítulo seis se encuentra el análisis de resultados a partir de las prácticas y ensayos realizados. El capítulo siete contiene las conclusiones y recomendaciones.

# INTRODUCCION

Este proyecto de Titulación se realizó, debido a la necesidad tanto académica como industrial de contar con una herramienta que permita planificar de una manera eficiente el proceso de soldadura SMAW a partir del diseño y elaboración de un documento WPS, en el que se encuentran el cálculo automatizado de los principales parámetros que afectan a la calidad de soldadura como también información necesaria para llevar a cabo el procedimiento. La inexistencia de este software provoca múltiples complicaciones en cuanto a manejo de fórmulas, tablas, catálogos y recomendaciones, por lo tanto se ha procurado compilar de la mejor manera esta información a fin de lograr un soporte técnico a los objetivos de la soldadura.

## DEFINICIONES GENERALES

Soldadura son los procesos mediante los cuales se obtiene la unión permanente de dos o más piezas con la ayuda de calor y/o presión en los cuales se puede utilizar o no metal de aporte, que puede ser de la misma o diferente composición química a la del metal base.

El proceso de soldadura SMAW (Shield Metal Arc Welding) o mejor conocido como soldadura por electrodo revestido emplea el paso de un arco eléctrico a través de un electrodo metálico y el material a soldar.

Soldabilidad es la capacidad que tienen los materiales, de la misma o diferente naturaleza, para ser unidos de forma permanente mediante los procesos de soldadura, sin presentar transformaciones estructurales perjudiciales, tensiones o deformaciones que puedan ocasionar alabeos o fisuramiento en el material en cuestión u otros problemas concernientes al punto de fusión de estos o de sus óxidos.



WPS (Welding Procedure Specification) es un documento preparado por un departamento técnico o de ingeniería de la empresa para dar instrucciones precisas al personal que ejecuta y al que inspecciona las soldaduras. El propósito de una wps es definir y documentar todos los detalles que se deben tener en cuenta al soldar materiales o partes específicas.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una herramienta útil para mejorar los procedimientos de enseñanza y práctica de la tecnología de soldadura así como hacer más eficientes los procesos de producción de piezas metálicas obtenidos por soldadura.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Demostrar la relación dinámica de los conocimientos científicos con los conocimientos prácticos dentro de la tecnología de soldadura
- Demostrar los beneficios de una producción planificada para mejorar la competitividad
- Incentivar la implementación de la adaptación de tecnología como base fundamental del desarrollo de la industria ecuatoriana, así como promover la interacción entre diversas ramas de conocimiento tecnológico en función de una herramienta para el desarrollo de innovación

## **EJECUCION**

La soldadura consiste en la unión permanente de piezas metálicas para lo cual mediante el proceso SMAW se usa un arco eléctrico que produce el calor necesario para fundir el material base y al aporte originándose la mezcla de ambos en estado líquido que al solidificarse formarán el cordón de soldadura.

# CAPITULO I

## 1 INTRODUCCIÓN, HISTORIA, SIMBOLOGÍA, CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han generado distintas maneras y tecnologías para los procesos de ensamble, acople y unión permanente de piezas y elementos metálicos, el más importante desde su desarrollo la soldadura, pero es difícil obtener una relación exacta de su perfeccionamiento y de las personas que participaron, porque se estaban efectuando muchos experimentos y técnicas de soldadura en diferentes países y al mismo tiempo. En aquellos lejanos tiempos, el comunicarse con investigadores de otros países era una tarea muy difícil. Aunque el trabajo en los metales y la unión de los mismos datan de hace siglos, tal parece que la soldadura, tal como la conocemos en la actualidad, hizo su aparición alrededor del año 1900. Sin embargo, es interesante tener en cuenta, varias personas que aportaron para su perfeccionamiento tales como el Italiano Volt que en el año 1800 descubrió que dos metales desiguales cuales quiera, contactados por una sustancia que se volvía conductora al humedecerla, formaría una pila voltaica. La unidad Volt se deriva de su apellido. Además el alemán Ohm que descubrió la resistencia en un circuito eléctrico. La unidad Ohm se deriva de su apellido esto sucedió en 1827.

Como se puede inducir el desarrollo de la soldadura ha sido mas bien paulatino, desde sus inicios en que los que para unir piezas metálicas el proceso se basaba calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que estaban blandas y flexibles. Después se martillaban o forjaban las piezas entra sí en un yunque y se dejaban enfriar y endurecer. Posteriormente por el método de soldadura por vacío a comienzos del siglo XX, y todos los demás que hasta los tiempos actuales siguen innovando y perfeccionando tanto la productividad como la calidad en las obras y productos que involucren a la soldadura como proceso de fabricación.

La soldadura es un campo fascinante, no existe ningún aspecto de la vida moderna que no este relacionado de forma directa o indirecta con la soldadura. Desde los procedimientos mas sencillos como entretenimiento en casa, auto-mecánica, granjas, fábricas de cualquier tipo y tamaño, industria automovilística, comercio, transporte y hasta la industria espacial son solo algunos ejemplos de que la soldadura esta envuelta de manera significativa en nuestras vidas.

### 1.1.1 PROCESOS DE FABRICACIÓN

La industria contemporánea basa sus procesos productivos con respecto a elementos metálicos, en cuatro pilares, desde los cuales se desenvuelve. Estos son los siguientes:

- Procesos de Fundición
- Procesos de Soldadura
- Procesos de Maquinado con arranque de viruta
- Procesos de Deformación Plástica

Cada uno de ellos abarca un amplio campo de aplicación, desarrollo e innovación. De la misma manera también representan indistintamente un grado de complejidad en lo que a la adaptación y extensión de la tecnología constituyen sus procesos. Debido a esta razón significa de vital importancia aplicar de una manera eficiente y técnica todo el adelanto científico-tecnológico que se logra alrededor del mundo y que gracias a las herramientas de comunicación presentes se logran conocer y aprovechar.

### 1.1.2 PROCESOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS

Los procesos de manufactura son tan diversos y variados, como la posibilidad de la humanidad para innovar y combinar, por ello la optima selección de secuencia de manufactura parte del conocimiento de las posibilidades, ventajas y limitaciones que presenta desde el punto de vista tecnológico, de capital y de

disponibilidad cualquier método que puede presentar un elemento con respecto a su materia prima, su geometría, calidad y especificaciones técnicas.

### 1.1.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN

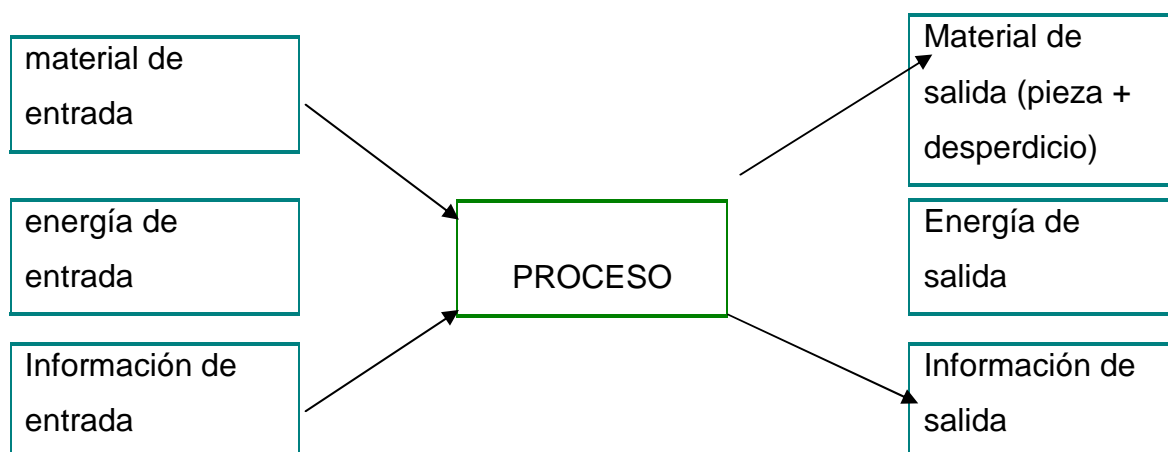
Proceso de producción se puede definir como el conjunto de todas las operaciones y actividades realizadas por las personas e instrumentos de producción, indispensables para fabricar o corregir un producto. En el proceso de producción se incluyen tanto los procesos tecnológicos como los procedimientos auxiliares que garantizan la elaboración de los artículos.

### 1.1.2.2 PROCESO TECNOLÓGICO

Proceso tecnológico es una parte del proceso de producción que comprende acciones que tienen por finalidad cambiar las propiedades de un objeto incluyendo su geometría, propiedades, estado y contenido de información (datos sobre forma). Para producir cualquier cambio en las propiedades deben existir tres agentes especiales:

- 1) material
- 2) energía
- 3) información.

En general un proceso se puede representar gráficamente de la siguiente manera:



**Figura 1.1 Representación grafica de los procesos**

### 1.1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Los procesos productivos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. procesos de conservación de masa (  $dM = 0$  )  $Me=Ms$
2. procesos de reducción de masa (  $dM<0$  )  $Me=Ms_1+Ms_2(\text{desperdicio})$
3. procesos de ensamble o unión (  $dM>0$  )  $Ms=Me_1+Me_2$

$Me$  = masa de salida       $Me$  = Masa de entrada

#### 1.1.3.1 PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE MASA

- a. Fundición
- b. Conformado mecánico por deformación plástica
- c. Sinterizado ( compactación de polvos metalúrgicos)

#### 1.1.3.2 PROCESOS DE REDUCCIÓN DE MASA

- a. Torneado
- b. Cepillado
- c. Fresado
- d. Taladrado
- e. Rectificado
- f. Maquinado por electro erosión
- g. Maquinado electroquímico
- h. Oxicorte

#### 1.1.3.3 PROCESOS DE ENSAMBLE O UNIÓN

- a. soldadura por arco voltaico
- b. soldadura por rozamiento
- c. soldadura oxiacetilénica
- d. soldadura de punto
- e. soldadura con pegamentos o adhesivos
- f. remachado
- g. empernado /atornillado
- h. diferentes ensambles mecánicos

## 1.2 HISTORIA DE LA SOLDADURA

La soldadura se define como el proceso de unión permanente de dos piezas metálicas mediante el calentamiento en una zona localizada por medio de fusión o presión.

La soldadura es uno de los descubrimientos mas importantes que data del año 1802 ,en el cual, el académico Petrov experimento con dos electrodos de carbón por los cuales hizo pasar una corriente eléctrica, y entre sus extremos separados una distancia, saltaba una descarga eléctrica a la cual llamo arco incandescente.

Este fenómeno fue estudiado y descrito por Petrov con el objetivo de aprovechar la alta temperatura que se despedía del arco incandescente formado entre ambos electrodos para fundir los materiales a soldar. El experimento de Petrov no dio resultado totalmente, por ser desconocido en otros países.

Después de 80 años, comenzaron a realizarse otras pruebas apoyadas en el experimento de Petrov. En 1882 otro científico ruso Bernardos realizó con los electrodos de carbón y piezas metálicas entre las cuales saltaba un arco incandescente al que llamo arco eléctrico. Este arco eléctrico producido entre los electrodos de carbón y las piezas metálicas provocó desprendimiento de partículas de los electrodos hacia las piezas, promoviendo la formación de efectos en la soldadura. Años mas tarde, experimentó con el método de soldadura por arco eléctrico en atmósfera de gases inertes para evitar los defectos en la soldadura, así como con la soldadura por resistencia eléctrica.

En 1888, el científico ruso N.G. Slavianov introduce el electrodo metálico con revestimiento y fundentes adicionales para mejorar la calidad del metal depositado, parejamente a ello, introdujo el método en la práctica y lo patentó, así como creó los diferentes tipos de maquinas para soldar con las que reparaba las piezas de las máquinas de vapor y de otros equipos. Aun en la actualidad, se han perfeccionado estos métodos, y se emplean ampliamente en todos los procedimientos industriales.

### 1.2.1 PERSPECTIVAS DE LA SOLDADURA

El desarrollo de la Soldadura desde las postrimerías del siglo XIX hasta el siglo XX ha garantizado amplias perspectivas en su aplicación a los trabajos de montaje, reparación y restauración de piezas de máquinas, y sobre todo, en la sustitución del remachado en recipientes de fluidos sometidos o no a presión interna. En otros casos, la soldadura ha sustituido las piezas fundidas, sin querer decir ello, que la sustitución es total, ya que existen ciertas piezas o elementos de máquinas herramientas que son fabricadas de fundiciones, lo cual da lugar a la coexistencia de ambos procesos según el tipo de aplicación que tenga la Soldadura o la Fundición. En el caso donde no haya necesidad de tener una sobre medida, no son necesarias las piezas fundidas.

Otras perspectivas que presenta la soldadura son la aplicación de procesos semiautomáticos y automáticos, en atmósfera de gases activos o inertes y en el montaje de trabajos complejos.

### 1.2.2 VENTAJAS DE LA SOLDADURA RESPECTO A OTROS PROCESOS

Las ventajas que presenta la soldadura respecto a otros procesos son las siguientes;

a) Economía del metal. La economía del metal se manifiesta respecto a la reducción de peso con relación al remachado, en las cuales las uniones soldadas representan de 1-2% del peso de la pieza, mientras que las uniones remachadas son de no menos de un 4% del peso de la pieza a unir.

En estos casos, las uniones soldadas presentan un ahorro de material de hasta un 25% del metal a unir respecto al remachado y de hasta un 50% en comparación con la Fundición.

En la construcción de edificios se rebaja el peso en un 15% en construcción de hornos de un 12-15% de rebaja con respecto al remachado y de modo similar ocurre con tanques de fluidos sometidos a presión interna o no.

b) Empleo de la soldadura y al oxicorte para la reparación y restauración. La soldadura y oxicorte la reparación y restauración de piezas que han alcanzado a desgaste límite, y sobre todo, con un costo muy bajo al poner en funcionamiento los equipos y piezas desgastadas. Los aspectos relativos a la reparación y restauración de acuerdo al desgaste que hayan sufrido las piezas se analizarán exhaustivamente en la asignatura Instalación y Reparación de Maquinas Herramientas

c) Eliminación de ruidos originados por la producción En comparación con el remachado, en cuyo proceso, se hace necesario el golpe sobre la cabeza del remache para legrar una unión estanca, con la soldadura no es necesario esta situación, debido a que para producir esta unión entre los dos metales o aleaciones se produce el arco eléctrico entre los metales y el electrodo. Además las condiciones de trabajo se mejoran y existe una disminución de operarios en la ejecución de las actividades.

d) Elaboración de piezas de forma completa. Este caso se refiere cuando las piezas a soldar se han conformado previamente, ya sea por estampado, forja, fundición o laminación, con una gran incidencia en este caso, así como cuando se sueldan aleaciones disímiles es dependencia del grado de soldabilidad.

e) Aumento de productividad. Con la soldadura disminuye el tiempo operativo-y otros tiempos: preparativo, con el mismo, de descanso y necesidades personales y otras durante la fabricación de las construcciones soldadas. Al disminuir el tiempo total, aumenta la productividad, esencialmente, en la producción en serie y masiva, lo cual implica una reducción en costos.

### 1.2.3 DESVENTAJAS DE LA SOLDADURA RESPECTO A OTROS PROCESOS

a) Disminución del empleo de la soldadura donde existan focos de vibraciones Las vibraciones se presentan en aquellos casos donde circulan vehículos automotores, grúas y otros tipos de equipos en, los que esta caracterizada también la resonancia. En él caso de necesitarse uniones soldadas en estas situaciones se deben considerar los coeficientes de fatiga y cargas dinámicas.



b) Poco empleo en lugares reducidos de unión. Solo deben emplearse o tienen poco empleo las uniones soldadas en los lugares reducidos o estrechos, ya que no pueden introducirse los electrodos o varillas para garantizar una unión hermética y resistente.

El empleo de la soldadura, en general, presenta mas ventajas que desventajas en relación con otros procesos de conformación en caliente todo depende, en definitiva, de los factores prácticos incidentes para decidir si el empleo de la soldadura es eficiente o no, y si es necesario aplicar otro método de conformación en caliente o en frío, según consideraciones de índole económico y constructivo.

### 1.3 SIMBOLOGÍA GENERAL

Tenemos muchos símbolos en nuestra sociedad tecnológica. Tenemos señales y rótulos que nos dicen lo que debemos hacer y dónde ir o lo que no debemos hacer o dónde no ir. Las señales de tránsito son un buen ejemplo. Muchas de estas señales les ya son de uso internacional no requieren largas explicaciones y, con ellas, no hay la barrera del idioma, porque cualquier persona los puede interpretar aunque no conozcan ese idioma. En la soldadura, se utilizan ciertos signos en los planos de ingeniería para indicar al soldador ciertas reglas que deben seguir, aunque no tenga conocimientos de ingeniería. Estos signos gráficos se llaman símbolos de soldadura. Una vez que se entiende el lenguaje de estos símbolos, es muy fácil leerlos. (Ver figura 1.2 y 1.3)

#### 1.3.1 SÍMBOLOS DE SOLDADURA

Los símbolos de soldadura se utilizan en la industria para representar detalles de diseño que ocuparían demasiado espacio en el dibujo si estuvieran escritos con todas sus letras. Por ejemplo, el ingeniero o el diseñador desea hacer llegar la siguiente información al taller de soldadura:

- El punto en donde se debe hacer la soldadura.
- Que la soldadura va ser de filete en ambos lados de la unión.

- A un lado será una soldadura de filete de 12 mm.; el otro una soldadura de 6mm.
- Ambas soldaduras se harán un electrodo E6014.
- La soldadura de filete de 12mm. se esmerilará con máquina que desaparezca

Para dar toda esta información, el ingeniero o diseñador sólo pone el símbolo en el lugar correspondiente en el plano para transmitir la información al taller de soldadura.

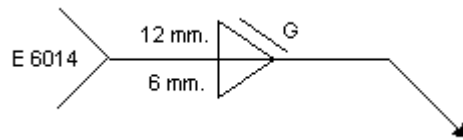


Figura 1.2 Ejemplo de símbolo de soldadura

Los símbolos de soldadura son tan esenciales en el trabajo del soldador como realizar un cordón o llenar una unión. La American Welding Society (AWS) ha establecido un grupo de símbolos estándar utilizados en la industria para indicar e ilustrar toda la información para soldar en los dibujos y planos de ingeniería.

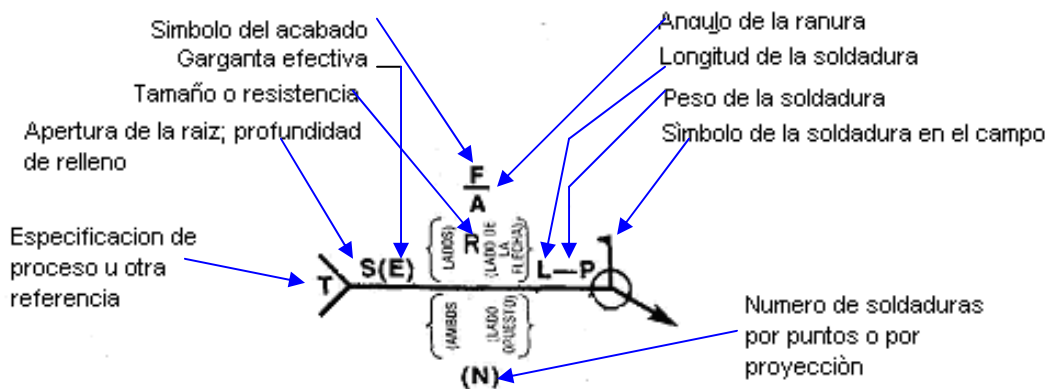


Figura 1.3 Partes de un símbolo de soldadura

### 1.3.2 PARTES DEL SÍMBOLO DE SOLDADURA

1) La línea de referencia siempre será la misma en todos los símbolos. Sin embargo, si el símbolo de soldadura de la figura siguiente, Esta en la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión hacia el cual apuntara la flecha. Si el símbolo de la soldadura está encimada de la línea de referencia, la soldadura se hará en el lado de la unión, opuesto al lado en que apunta la flecha



Figura 1.4 Línea de referencia del símbolo de soldadura

2) La flecha puede apuntar en diferentes direcciones y, a veces, puede ser quebrada (Figura 1.5)

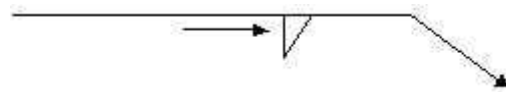


Figura 1.5 Símbolo de soldadura

3) Hay muchos símbolos de soldadura, cada uno correspondiente a una soldadura en particular.

4) Se agregan acotaciones dimensionales adicionales a la derecha del símbolo si la unión se va a soldar por puntos en caso de la soldadura de filete. La primera acotación adicional en la (Figura 1.6) indica la longitud de la soldadura; la segunda dimensional indica la distancia entre centros de la soldadura.



Figura 1.6 Símbolo de soldadura

- 5) La cola quizá no contenga información especial y a veces, se pueda omitir.
- 6) Hay una gran variedad de símbolos complementarios, cada uno un signo deferente.

### 1.3.3 COMBINACIÓN DE SÍMBOLOS Y RESULTADOS

Algunos símbolos son muy complicados o parecen serlo a primera vista; pero si se estudian punto por punto, no son difíciles de entender. El primer punto que se observa en la figura 1.7, es la parte del símbolo que indica doble chaflán (bisel) o doble V. Los chaflanes dobles, o doble V, se preparan en una sola de las piezas de metal, de modo que el trabajo se hará como se muestra a continuación:

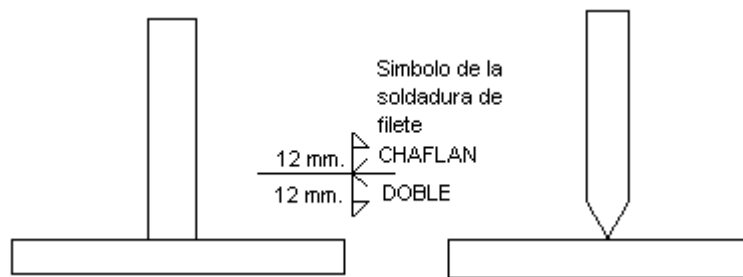


Figura 1.7 Aplicación de combinación de símbolos de soldadura

A continuación está el símbolo de soldadura de filete en ambos lados de la línea de referencia. Pero antes de poder aplicar una soldadura de filete, debe haber una superficie vertical. Por tanto, se rellena el chaflán con soldadura como se ve en la figura 1.8.

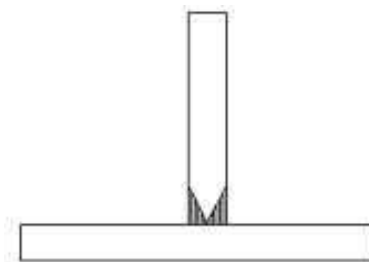


Figura 1.8 Aplicación de símbolos de soldadura

Después de rellenar los chaflanes, se aplica la soldadura.. Esta combinación es poco común y rara vez se usa. Sólo se aplica en donde se requiere resistencia y penetrancia del 100%. Sin embargo, se ha utilizado como ejemplo para mostrar los pasos en la lectura de símbolos. Hay gran número de combinaciones que se pueden utilizar, pero los símbolos básicos de soldadura y los símbolos mostrados en la figura 1.9 son la mayor parte de ellos.

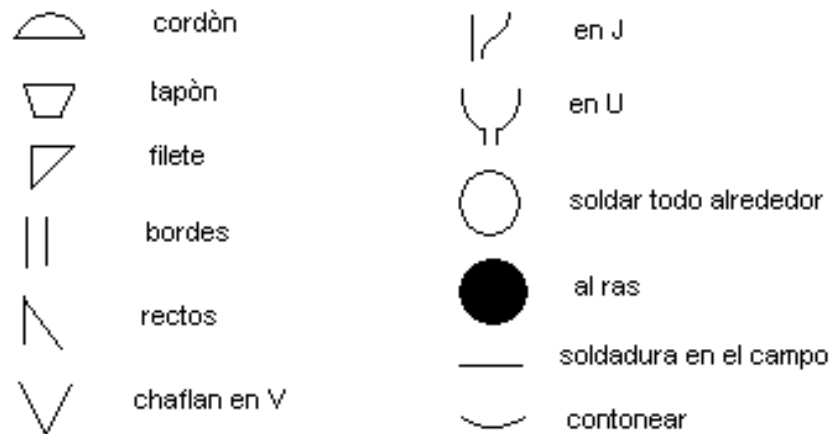


Figura 1.9 Símbolos básicos de soldadura

#### 1.3.4 APLICACIONES DE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA

- En las figuras anteriores se muestran los símbolos muy básicos para soldar y sus aplicaciones. Pero se debe recordar que son simples ilustraciones y que probablemente incluirá mucha más información si fuera parte de un plano real.
- Los símbolos de soldadura en los dibujos y planos de ingeniería representan detalles de diseño.
- Los símbolos de soldadura se utilizan en lugar de repetir instrucciones normales.
- La línea de referencia no cambia.
- La flecha puede apuntar en diferentes direcciones.
- Hay muchos símbolos, dimensiones (acotaciones) y símbolos complementarios.

### 1.3.5 SÍMBOLOS PARA SOLDADURA SEGÚN AWS

La norma A.W.S. también incluyen una serie de símbolos para información técnica que no siempre es necesaria, pero que en algunos es importante, estos símbolos suplementarios se indican en la tabla 1.1.






DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
PERIFÉRICA		Soldar completamente alrededor de la junta
OBRA		Soldar en montaje o terreno.
PLANA		Soldar a ras de la pieza, si recurrir a medios mecánicos.
CONVEXA		El cordón debe quedar reforzado.
CÓNCAVA		El cordón debe ser acanalado
CINCELADO	"C"	El acabado debe ser a cincel.
ESMERILADO	"E"	El acabado debe ser a esmeril.
MAQUINADO	"M"	El acabado debe ser a máquina.

Tabla 1.1 Símbolos básicos de soldadura según la norma A.W.S

Para utilizar los símbolos anteriormente nombrados se dibuja un símbolo de soldadura que este compuesto de una línea de referencia, una flecha y una cola, en la que se entrega la información técnica necesaria para realizar la unión



Figura 1.10 Referencia del símbolo de soldadura

DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
Soldadura de tope con bordes levantados (bordes completamente fundidos) *	
Soldadura de tope a escuadra	
Soldadura de tope en V	
Soldadura de tope con bisel simple	
Soldadura de tope en Y	
Soldadura de tope en Y con bisel simple.	
Soldadura de tope en U	
Soldadura de tope en J	
Cordón de revés	
Soldadura de filete	
Soldadura de tapón Soldadura en canal	
Soldadura por puntos	
Soldadura continua por puntos	

Tabla 1.2 Símbolos complementarios de soldadura

### 1.3.6 SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS

Los símbolos elementales pueden ser completados con un símbolo que caracterice la forma de la superficie externa de la soldadura. La ausencia de un símbolo suplementario, significa que no se necesita precisar la forma de la superficie de la soldadura. Aunque no se prohíbe asociar varios símbolos, es mejor representar la soldadura en un dibujo por separado, cuando la simbología se hace demasiado dificultosa.





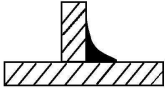



DESIGNACIÓN	ILUSTRACIÓN	SÍMBOLO
Soldadura de tope en V plana		
Soldadura de tope en doble V convexa		
Soldadura de filete cóncava		
Soldadura de tope en V plana con cordón de revés plano		

Tabla 1.4 Símbolos suplementarios de soldadura




FORMA DE LA SUPERFICIE	SÍMBOLO
a) plana	
b) convexa	
c) cóncava	

Tabla 1.5 Símbolos de soldadura según la forma de la superficie

### 1.3.7 SÍMBOLO PARA LAS SOLDADURAS DE FILETE

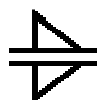


Figura 1.11 Símbolo de soldadura de filete

Las soldaduras de filete son usadas para hacer juntas de enfrentamiento perpendicular como esquinas y las juntas "T" y como su propio símbolo lo



sugiere estas soldaduras son, básicamente, triangulares vistas desde su sección, aunque su forma no es siempre un triángulo perfecto o isósceles.

La soldadura fundida es depositada en la esquina formada por la característica de la unión de dos miembros penetrando y fundiéndose con el metal base para formar la junta.

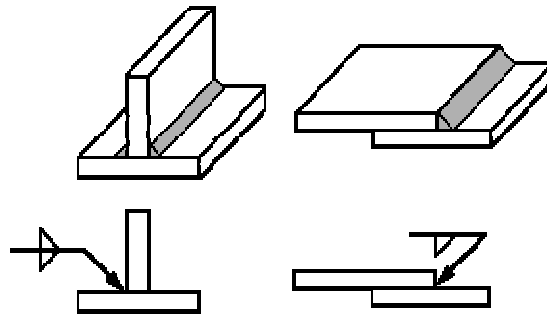


Figura 1.12 Aplicación de símbolos de soldadura de filete.

La cara perpendicular del triángulo siempre es dibujada en la parte izquierda del símbolo, si las dos caras de la soldadura son de la misma dimensión, entonces solo una medida es dada.

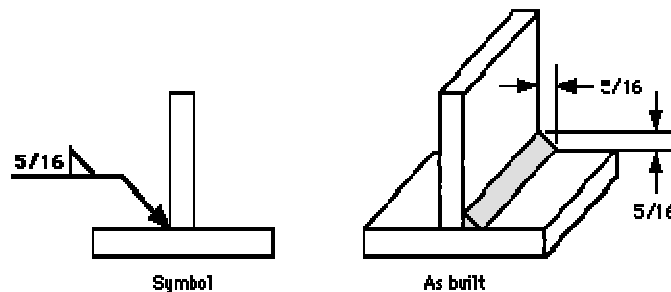


Figura 1.13 Aplicación de símbolos de soldadura de filete

Si la soldadura tuviera caras desiguales (menos común) entonces ambas dimensiones son dadas y una nota especial que indica en el dibujo cual cara es mas larga.

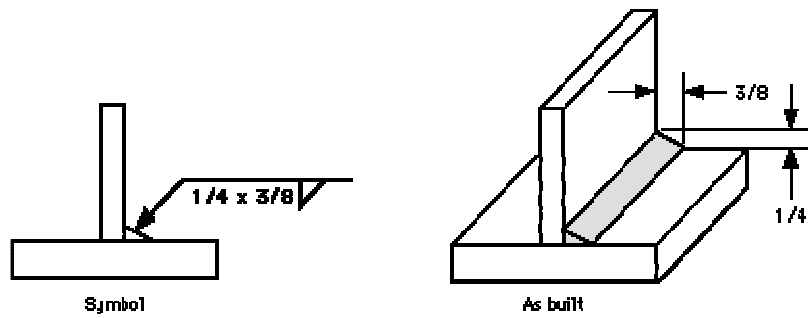


Figura 1.14 Aplicación de símbolos de soldadura de filete

La soldadura se debe situar entre las líneas dimensionales especificadas (si son dadas) o entre los puntos donde un cambio de dirección abrupto de la soldadura ocurra, como al final de las planchas o láminas

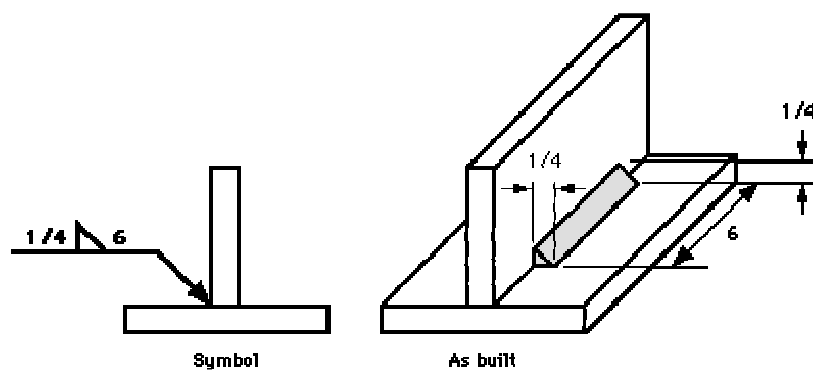


Figura 1.15 Aplicación de símbolos de soldadura de filete

En el caso de soldaduras intermitentes o interrumpidas, el largo de cada porción de la soldadura y los espacios que las separan, son indicados en el símbolo siendo separados con un guión ( - ) y el largo de la porción de soldadura va seguido de la dimensión centro-centro del espacio; estos siempre se colocan a la derecha del símbolo del filete (triángulo).

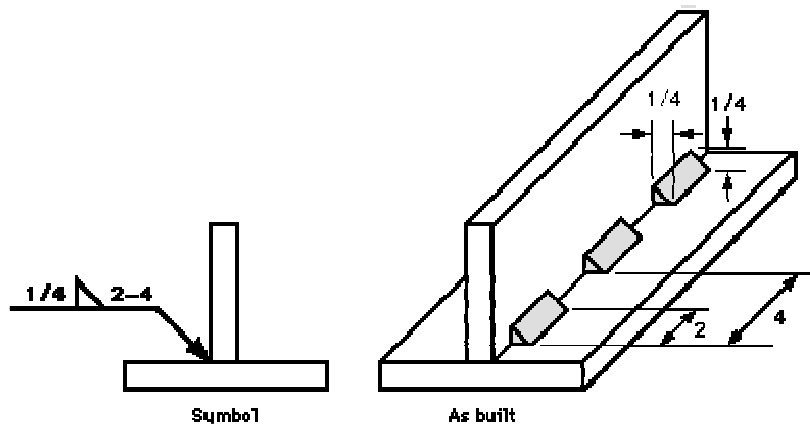


Figura 1.16 Aplicación de símbolos de soldadura de filete

Note que la dimensión del espacio no indica el espacio limpio entre las soldaduras, la indicación es: centro-centro

### 1.3.8 SÍMBOLOS PARA LAS SOLDADURAS DE CANAL

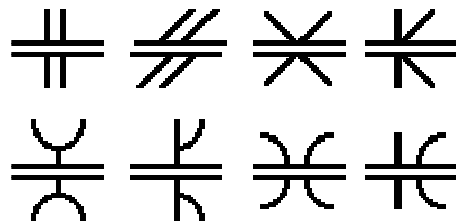


Figura 1.17 Símbolos para soldadura de canal

Las soldaduras de Canal son usadas comúnmente para hacer juntas de bordes con bordes, aunque también son usadas frecuentemente en esquinas, juntas "T", juntas curvas y piezas planas. Como lo sugiere la variedad de símbolos para estas soldaduras, hay muchas maneras de hacer soldaduras de Canal y la diferencia principal dependerá de la geometría de las partes que serán unidas y la preparación de sus bordes.

El metal soldado es depositado entre el canal penetrando y fundiéndose con el metal base para formar la junta, por limitaciones de dibujo gráfico la penetración no es indicada en los símbolos pero en este tipo de soldaduras la penetración es sumamente importante para la buena calidad de la soldadura.

La soldadura de canal cuadrado, en la cual el canal es creado por una separación específica o ninguna separación, incluyendo hasta cierta presión de oposición, la distancia de la separación (si existe) es dada en el símbolo.

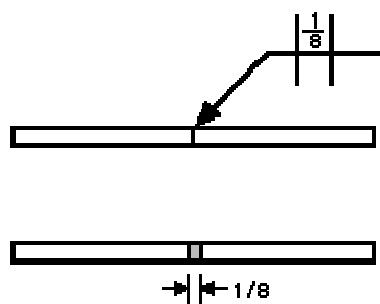


Figura 1.18 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

Las soldaduras de canal "V", en la que los bordes son biselados, a veces por un lado o por los dos lados, para crea el canal, el ángulo del bisel es dado en el símbolo así como la luz de separación o separación de la raíz (si existiera)

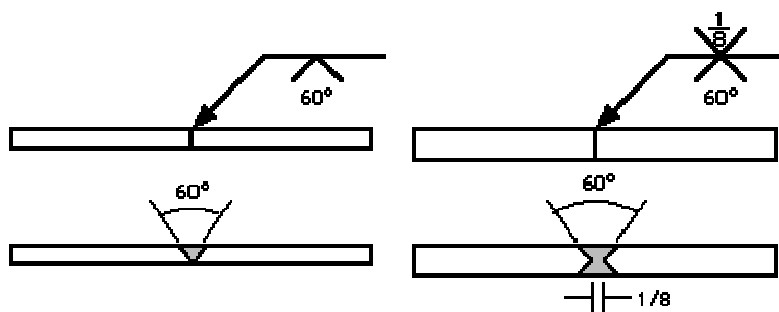


Figura 1.19 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

Si la profundidad de la "V" no fuera igual al espesor o a la mitad (en el caso de doble "V") del espesor de la lámina o plancha a soldar, entonces la profundidad es dada a la izquierda del símbolo de la soldadura.

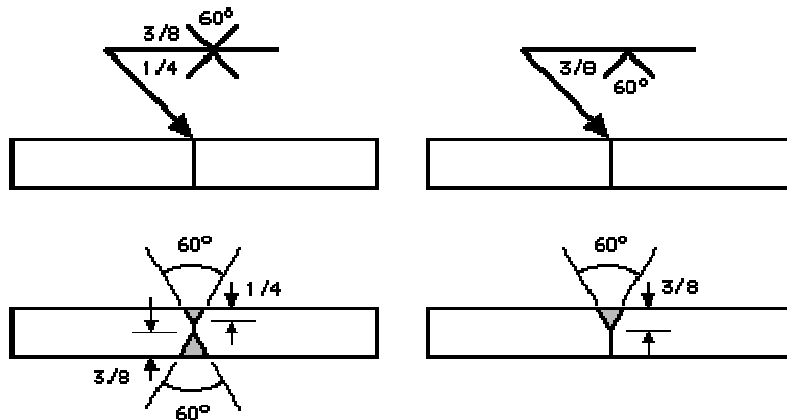


Figura 1.20 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

Si la penetración de la soldadura fuera mayor que la profundidad del canal, la profundidad de la "garganta efectiva" es dada entre paréntesis después de la profundidad de la "V"

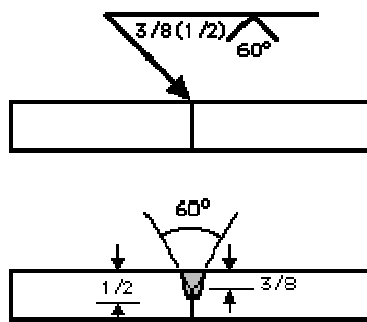


Figura 1.21 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

En el bisel del canal de soldadura, en el cual el borde de una de las laminas es biselado y la otra es cuadrada, el símbolo de la línea perpendicular siempre es

dibujada en el lado izquierdo sea cual sea la orientación de la soldadura, la flecha apunta la cara de la pieza que debe ser biselada y en este caso la flecha es cortada y doblada en ángulo para hacer énfasis en su importancia (este corte de ángulo no es necesario si el proyectista no tiene preferencias en cual lado debe ser biselado o si el dibujo es interpretado por un soldador calificado que reconoce la diferencia de cual lado debe ser tratado), las condiciones de ángulo, preparación del borde, garganta efectiva y la luz de separación de la separación de raíz son descritas en las soldaduras de canal V en esta misma pagina.

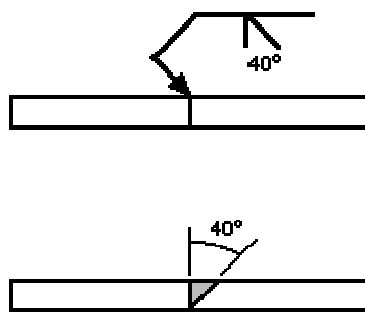


Figura 1.22 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

En la soldadura de canal "U", en la cual ambos bordes son tratados para crear un canal cóncavo, la profundidad de este canal, la garganta efectiva y la separación de la raíz o luz de la separación son descritas usando el método del canal "V" en esta sección.

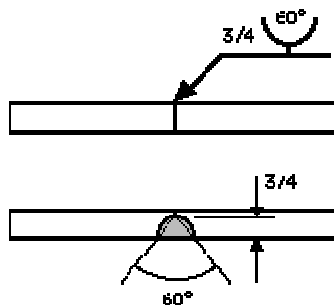


Figura 1.23 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

En la soldadura de canal "J", en la cual en uno de las láminas tiene un biselado cóncavo y la otra es dejada cuadrada, como con el bisel de la

media "V" la línea perpendicular siempre aparecerá dibujada a la izquierda y la flecha (con un dobléz si fuera necesario) apuntando la pieza que recibirá el tratamiento de bisel cóncavo, la profundidad de este canal, la garganta efectiva y la separación de la raíz o luz de separación son descritas usando el método del canal "V" en esta sección.

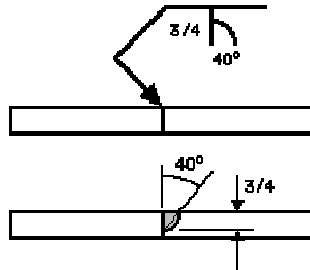


Figura 1.24 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

En la soldadura de "V" curva, comúnmente usada para unir dos partes curvas o dos partes tubulares la profundidad propuesta de la soldadura es dada a la izquierda del símbolo, con la profundidad de la garganta efectiva entre paréntesis.

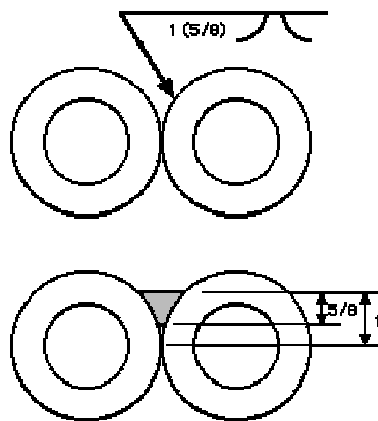


Figura 1.25 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

En la soldadura de canal con bisel curvo, comúnmente usada para unir una pieza curva o tubular a una pieza plana, como con la V curva (anterior), formada por dos superficies curvas o tubulares, la profundidad propuesta de la soldadura es dada a la izquierda del símbolo, con la profundidad de la garganta

efectiva entre paréntesis. La línea perpendicular es dibujada siempre al lado izquierdo del símbolo sea cual sea la orientación de la soldadura.

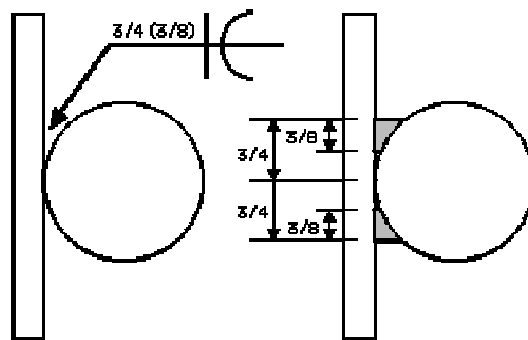


Figura 1.26 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

Otros símbolos suplementarios son usados con la soldadura de canal como: Penetración saliente y Barra o elemento de respaldo, ambos símbolos son indicación de que la penetración de la junta se efectúa desde un solo lado de la junta. El alto del refuerzo (si fuera crítico) es indicado a la izquierda del símbolo de penetraron saliente.

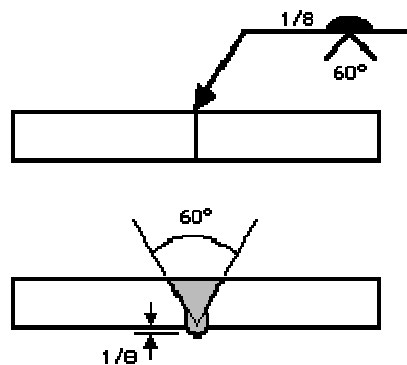


Figura 1.27 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

Cuando una barra o elemento de respaldo es usado para lograr la penetración necesaria de la junta, su símbolo es situado encima de la línea de referencia sobre el símbolo de la soldadura, si la barra es provisional y será removida al final de la soldadura, entonces la letra "R" es situada dentro del símbolo de la barra de respaldo, esta barra tiene el mismo símbolo que la soldadura de



conexión y óvalos pero su contexto debe hacer siempre la clara intención del símbolo

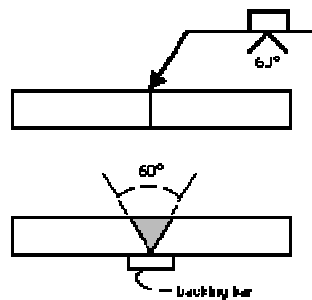


Figura 1.29 Aplicación de símbolos de soldadura de canal

### 1.3.9 SÍMBOLOS PARA LA SOLDADURA DE CONEXIÓN Y ÓVALOS

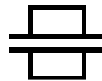


Figura 1.30 Símbolo para soldadura de conexión y óvalos

Soldadura de conexión y de óvalos es usada para unir láminas sobrepuestas una de las cuales tienen perforaciones (redondos para conexiones y ovalados o alargados para Óvalos). Metal soldado es depositado en estas perforaciones penetrando y fundiéndose con el metal base de las dos partes formando la junta, por limitaciones de dibujo gráfico, la penetración no es indicada en los símbolos pero en este tipo de soldadura la penetración es sumamente importante para la buena calidad de la soldadura.

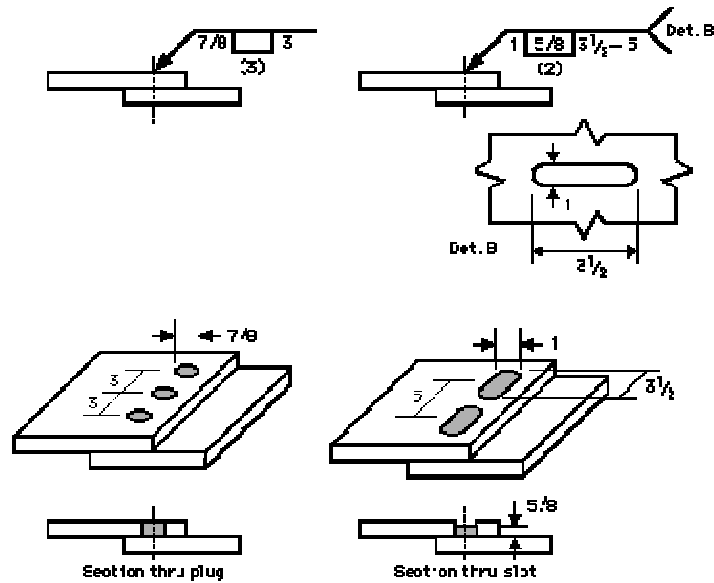


Figura 1.31 Aplicación de símbolos de soldadura de conexión y óvalos

En la soldadura de conexión el diámetro de cada conector es dado a la izquierda del símbolo y el espacio entre los conectores es dado a la derecha, en la soldadura de óvalos el ancho de cada ovalo es dado a la izquierda del símbolo, el largo y la distancia entre espacios (separados por un guión"-") son dados a la derecha del símbolo y la referencia del detalle en la cola.

El número de conectores u óvalos es dado entre paréntesis por encima o por debajo del símbolo de la soldadura, la indicación del "lado de la flecha" y "el otro lado" indican cual pieza tiene la(s) perforaciones(s); Si no está en las especificaciones el llenado total de esta perforación, entonces la profundidad es dada dentro del símbolo de la soldadura.

## 1.4 CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.4.1 SOLDADURA

Se define la soldadura como el proceso utilizado para obtener la unión permanente de piezas metálicas, ya puede ser en una sola operación, o en un conjunto de operaciones, mediante métodos que aprovechan las propiedades

metálicas de enlace entre partículas, entre estos se hallan la fusión, la presión entre otros.

Una “soldadura buena” es básicamente cualquier soldadura (asumiendo que tiene una apariencia aceptable) la cual continuará haciendo su trabajo diseñado indefinidamente. Una soldadura es excesivamente buena cuando es mucho mejor que la calidad requerida y fue obtenida a un costo excesivo.

Para uso comercial la mayoría de soldaduras realizadas por un soldador competente con cualquier electrodo de acero dúctil respaldado por inspección visual, son soldaduras buenas. Para estas soldaduras la planificación de operaciones debería enfatizar la eficiencia de la soldadura para costos de producción bajos.

Las obras soldadas para condiciones de servicio severo o crítico mas otras soldaduras cubiertas por códigos requieren especial cuidado. Pueden ser necesario pruebas de calidad, usando métodos de ensayo no destructivos, para lo cual la planificación de operaciones debería enfatizar la calidad sin sacrificio excesivo en la economía de la soldadura.

#### 1.4.2 CORDÓN DE SOLDADURA

El depósito de metal, que durante la operación de soldadura deja la varilla sobre la superficie de la pieza, se denomina cordón. Éste es el proceso de soldadura más comúnmente usado y se emplea principalmente, para unir entre sí piezas de acero.

#### 1.4.3 COSTURA

Es el conjunto de cordones que se tiene que realizar para unir dos piezas metálicas. Es importante el orden en el que debe hacerse los cordones, así como de ser necesaria la temperatura de precalentamiento de cada cordón.

#### 1.4.4 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CALIFICADO

Es un método detallado probado y demostrado por el cual pueden producirse soldaduras de calidad con propiedades mecánicas convenientes (apropiadas).

#### 1.4.5 CODIGOS

Conjunto de disposiciones que son aplicables en área de la construcción o tecnología y generalmente se aplican para procesos constructivos.

#### 1.4.6 CODIGOS DE SOLDADURA

Se vuelven de aplicación obligatoria cuando están especificados en regulaciones estatales o en el contrato. Utilizan términos especiales para indicar el uso mandatorio.

La ventaja de su uso y aplicación son:

- Calidad en el producto
- Favorece la economía del proyecto
- Criterios de aceptación
- Califica el wps y al personal
- Orden de compra o contrato

##### 1.4.6.1 **CODIGO ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos)**

Existen dos comités que involucran la formulación, revisión e interpretación de estándares que cubren productos que pueden ser fabricados por soldadura:

- Código para calderas y recipientes a presión
- Código para tubería de presión (B31.1)

##### 1.4.6.2 **CODIGO AWS (American Welding Society)**

1. AWS D1.1/D1.1M:2004 Structural Welding Code-Steel

Última edición del código para la soldadura de estructuras en aceros al carbono y baja aleación cuando el espesor del metal base es superior a 1/8" (3 mm.).

## 2. AWS D1.2/2003 Structural Welding Code-Aluminium

Reúne las reglas y regulaciones necesarias para el empleo de los procesos GMAW, GTAW, soldadura por arco de plasma (PAW) y soldadura de espárragos (SW) de las estructuras en aluminio no tubulares dinámica o estáticamente cargadas, así como las estructuras tubulares.

## 3. ANSI/AWS D1.3/1998 Structural Welding Code-Sheet Steel

Cubre la soldadura en aceros al carbono y de baja aleación cuando el espesor nominal del material base es menor a 3/16" (4.8 mm.).

## 4. ANSI/AWS D1.4/1998 Structural Welding Code-Reinforcing Steel

Cubre la soldadura de acero de refuerzo para concreto.

## 5. AASHTO/AWS D1.5M/D1.5:2002 Bridge Welding Code

Contiene los requerimientos de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) para la fabricación de puentes por soldadura en aceros al carbono y de baja aleación. Cubre lo referente a inspección, calificación, detalles estructurales, soldadura con espárragos, detalles de las juntas soldadas y otros.

## 6. AWS D1.6/1999 Structural Welding Code-Stainless Steel

Cubre los requerimientos aplicables para la soldadura de estructuras en acero inoxidable.

## 7. ANSI/AWS D9.1M/D9.1:2000 Sheet Metal Welding Code

Este es un código para la calificación de procedimientos, habilidad y requerimientos de inspección, para soldadura por fusión y soldadura fuerte, empleada en la fabricación y montaje de componentes y sistemas no estructurales en láminas metálicas.

#### 1.4.7 CALIFICACIONES

Los reportes y certificaciones de calificación de soldaduras son declaraciones de las empresas de que los procedimientos de soldadura y el personal han sido probados de acuerdo con el código o especificación apropiada y que han sido encontrados aceptables.

##### 1.4.7.1 IMPORTANCIA DE LAS CALIFICACIONES

Hoy en día la mayoría de los fabricantes y contratistas se han dado cuenta de que la calificación de procedimientos y soldadores genera ahorros porque, cuando la gente y los métodos de fabricación han sido probados es menos probable que haya costos excesivos causados por rechazos de soldaduras y, por consiguiente, demoras en los trabajos.

##### 1.4.7.2 PARTES DE UN PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

- WPS: Especificación Del Procedimiento De Soldadura (Welding Procedure Specification)
- PQR: Registro De La Calificación Del Procedimiento (Procedure Qualification Record)
  
- WPQ: Calificación De La Habilidad Del Soldador U Operario (Welder Performance Qualification)

#### 1.4.8 ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Documento preparado por un departamento técnico o de ingeniería de la empresa para dar instrucciones precisas al personal que ejecuta y al que inspecciona las soldaduras.

El propósito de un WPS es definir y documentar todos los detalles que se deben tener en cuenta al soldar materiales o partes específicas.

#### 1.4.8.1 CONTENIDO DE UN WPS

Su contenido debe estar de acuerdo con los requerimientos aplicables de los códigos, de las exigencias del contrato y de las buenas prácticas de ingeniería; Debe contener:

1. Todas las variables esenciales, relativas a cada proceso de soldadura utilizado.
2. Todas las variables no esenciales, relativas a cada proceso de soldadura utilizado.
3. Las variables esenciales suplementarias.

#### 1.4.8.2 INFORMACIÓN ADICIONAL QUE SE CONSIDERE NECESARIA PARA OBTENER LAS SOLDADURAS DESEADAS.

- Identificación de la WPS, de la empresa y del responsable de la WPS.
- Alcance.
- Identificación de los metales base: Especificación, tipo y/o grado.
- Proceso (s) de soldadura utilizados.
- Diseño de las juntas, tolerancias y detalles.
- Tipo, clasificación y composición de los metales de aporte y otros materiales de soldadura. También se pueden incluir las condiciones de almacenamiento de estos materiales.
- Posiciones en las cuales es aplicable el procedimiento.
- Pre calentamiento y temperaturas entre pases. PWTH
- Tipo y composición de los gases de protección, cuando sea aplicable
- Tipo de corriente eléctrica, polaridad y rangos de corriente para los diferentes tipos y tamaños de electrodos o varillas utilizadas
- Voltaje y velocidad de avance del arco
- Otras características eléctricas (modo de transferencia, velocidad de alimentación del alambre, etc.)

- Preparación de las juntas y limpieza de las superficies para la soldadura
- Puntos de soldadura para armado y ensamble de las partes
- Preparación de la raíz de la soldadura antes de soldar por el otro lado
- Entrada de calor a la junta
- Otras como: tipo de cordón, boquillas de gas, oscilación, distancia de contacto del electrodo, simple o múltiples pases, martillado de las juntas y otros aspectos que se consideren relevantes

#### 1.4.9 REGISTRO DE LA CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)

Documento que valida y respalda una WPS, en el cual se registran los valores reales de las variables del procedimiento de soldadura usado para ejecutar una calificación en una probeta soldada y los valores de los resultados obtenidos de las pruebas y ensayos efectuados a la misma. Entre los objetivos del registro de la calificación del procedimiento son:

- Detectar, caracterizar y evaluar las discontinuidades
- Determinar cumplimiento con el diseño
- Calificar procedimientos de soldadura
- Calificar soldadores, operarios y punteadores
- Evaluar comportamiento de la construcción soldada en servicio

##### 1.4.9.1 OBTENCIÓN DEL PQR

PQR = IV y/o END y ED

IV: Inspección Visual

END: Ensayos No Destructivos

ED: Ensayos Destructivos

##### 1.4.9.2 OBTENCIÓN DEL WPQ

WPQ = IV y END



WPQ = IV y ED

IV: Inspección Visual

END: Ensayos No Destructivos

ED: Ensayos Destructivos

#### 1.4.10 SECUENCIA DE UNA CALIFICACIÓN

1. WPS
2. Ejecución cupón de prueba
3. VT (criterios del código) - IV
4. END (cuando se requiera)
5. Ubicación, identificación, rayado y estampe de probetas
6. Extracción y mecanizado de probetas
7. Ejecución de los respectivos ensayos
8. Análisis de resultados (criterios del código)
9. Informe: rechazo o certificaciones (PQR; WPQ)

#### INSPECCIÓN VISUAL VT (Visual Testing)

Las características de la inspección visual dentro de la soldadura son:

- Mandatorio por todos los códigos de soldadura
- Más rápido y económico
- Aplicable en todas las etapas de la ejecución de la unión soldada
- Antes, durante y después: efectividad en resultados

### 1.4.11 W.P.S. EN FILETE

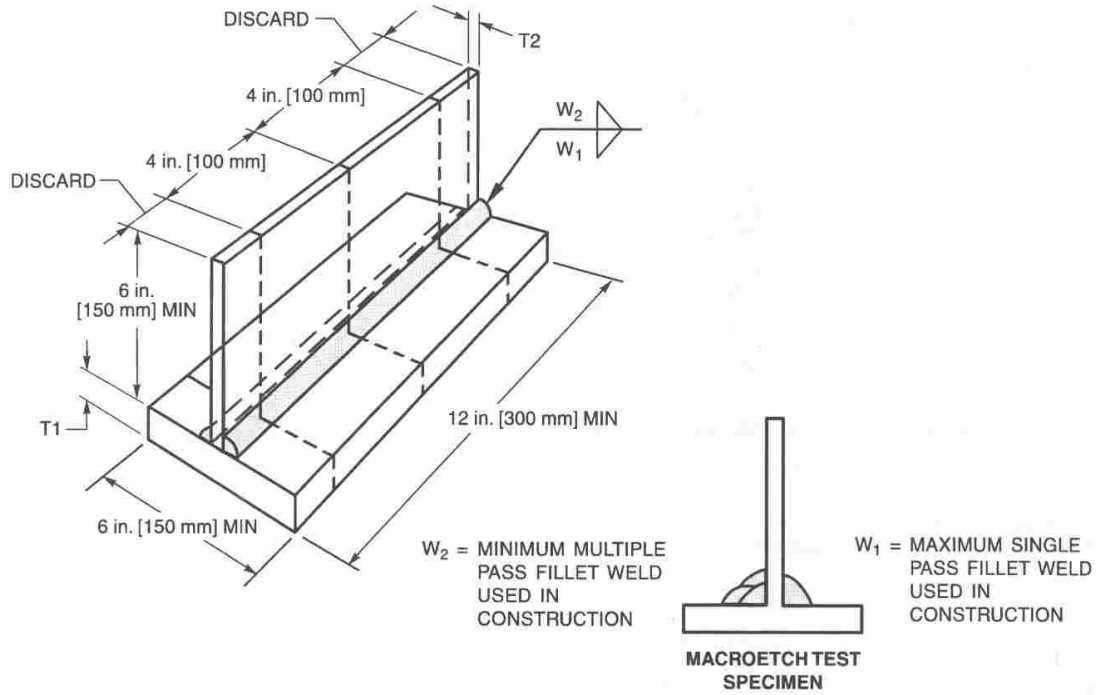


Figura 1.32 Especificación para W.P.S. en filete

### 1.4.12 WPS EN SOLDADURA DE RANURA

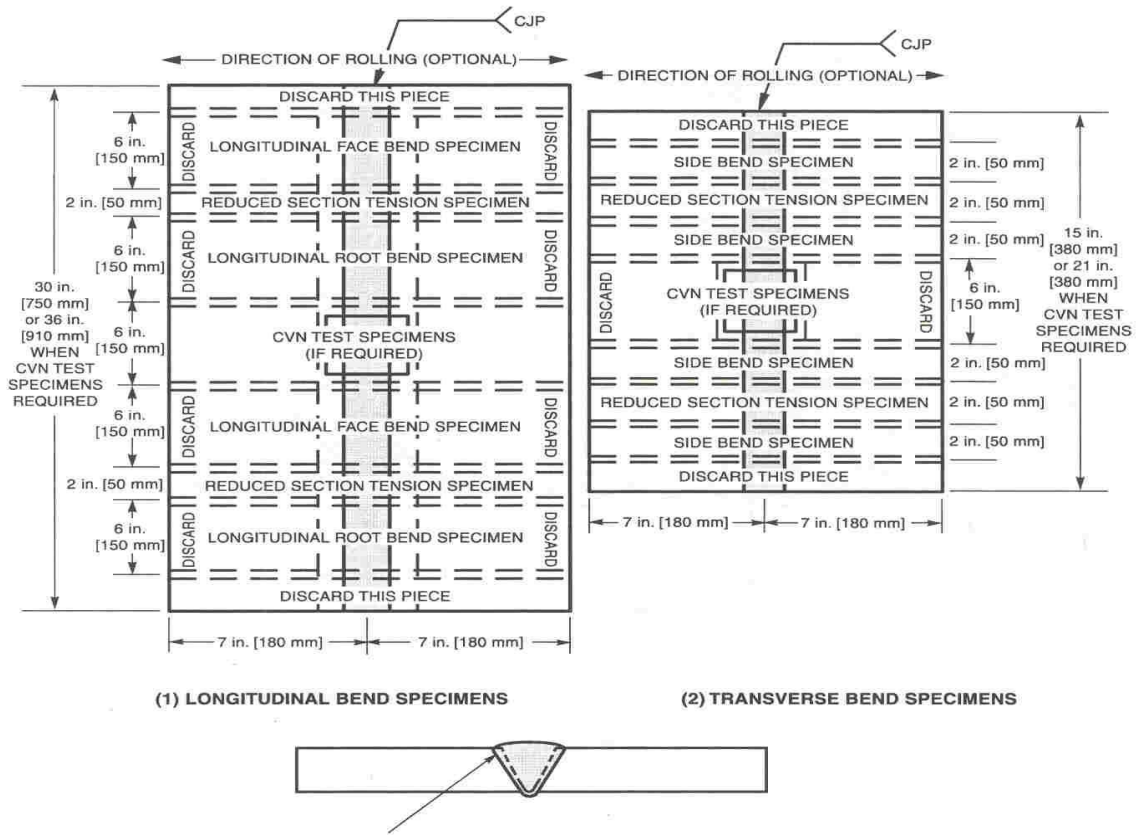


Figura 1.33 Especificación W.P.S para soldadura de bisel

### 1.4.13 PROBETAS PARA CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO

Para la calificación del procedimiento de soldadura de ranura se toma en cuenta la recomendación de la norma AWS D1.1 en la que a la placa soldada, se la secciona como se muestra en la figura 1.34, en la que cada probeta tiene la designación del tipo de ensayo requerido, como son; tensión, doblado de cara, doblado de raíz, y las piezas de los extremos se deben descartar.

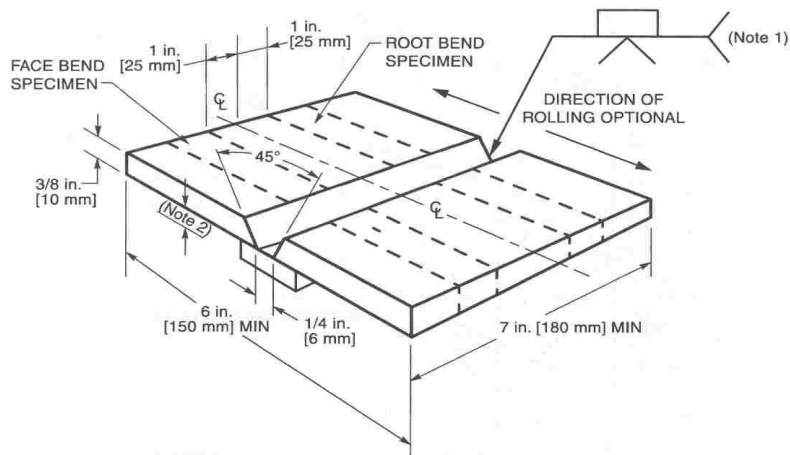
Discard		this piece
Reduced section		tensile specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Root bend		specimen
Face bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Discard		this piece



QW-463.1(a) PLATES — LESS THAN 3/4 in. THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

Figura 1.34 Probetas para calificación de soldadura de ranura

1.4.14 WPQ EN RANURA



- Notes:
1. When RT is used, no tack welds shall be in test area.
  2. The backing thickness shall be 1/4 in. [6 mm] min to 3/8 in. [10 mm] max; backing width shall be 3 in. [75 mm] min when not removed for RT, otherwise 1 in. [25 mm] min.

Figure 4.30—Test Plate for Limited Thickness—All Positions—Welder Qualification (see 4.23.1)

Figura 1.34 Probetas para WPQ en soldadura de ranura

### 1.4.15 PROBETAS PARA CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO EN TUBERÍA

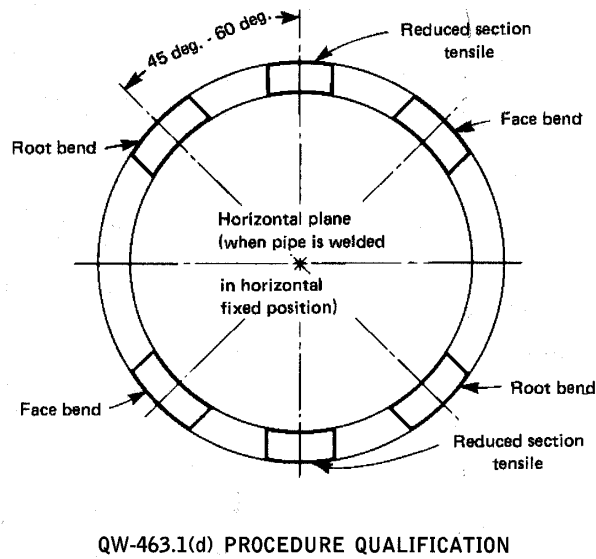


Figura 1.35 Probetas para calificación de procedimiento en tubería

### 1.4.16 ENSAYOS MECÁNICOS ASME SECCIÓN IX: 2001 Y AWS D1.1:2004

Tensión (sección reducida)	Ranura	<b>Resistencia máxima de la unión soldada</b>
Doblamiento guiado	Ranura	<b>Sanidad y ductilidad de la unión soldada</b>
Impacto	Ranura	<b>Tenacidad a la entalla</b>
Macroataque	Filete	<b>Tamaño, contorno y grado de sanidad</b>
<b>Rotura</b>	<b>Filete</b>	<b>Sanidad</b>

Tabla 1.6 Recomendación de ensayos mecánicos

#### 1.4.17 ENSAYOS MECÁNICOS ESTÁNDAR API 1104:1999

<b>ENSAYO</b>	<b>CATEGORÍA DE SOLDADURA APLICABLE</b>	<b>OBJETIVO</b>
Tensión (sin sección reducida)	Ranura	Resistencia máxima de la unión soldada
Doblamiento guiado	Ranura	Sanidad y ductilidad de la unión soldada
Rotura con muesca	Ranura y filete	Sanidad
Macroataque	Filete	Tamaño, contorno y grado de sanidad

Tabla 1.7 Ensayos mecánicos estándar API 1104:1999

#### 1.4.18 Preparación Probetas ASME SECCIÓN IX



Figura 1.36 Probetas ASME para ensayos de tracción

#### 1.4.19 Probeta de Dobleza ASME Y AWS D1.1



Figura 1.37 Probetas ASME para ensayo de dobleza

## CAPITULO II

### 2 PROCESO DE SOLDADURA SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING)

#### 2.1 DEFINICION DEL PROCESO

##### Proceso SMAW (SHIELD METAL ARC WELDING)

El proceso SMAW o mejor conocido como soldadura por electrodo revestido emplea el paso de un arco eléctrico a través de un electrodo metálico y el material a soldar. Este arco eléctrico produce el calor necesario para fundir el material base y al aporte originándose la mezcla de ambos en estado líquido que al solidificarse formarán el cordón de soldadura. Como todos los metales al calentarse es más fácil que se oxiden por lo cual a este electrodo se le coloca un revestimiento químico el mismo que dará propiedades específicas a la soldadura y formará una nube protectora contra la influencia del medio ambiente. Al solidificarse la escoria formada protegerá al metal sólido de enfriamientos bruscos, así como contaminaciones por absorción de gases (Figura 2.1)

En el acelerado desarrollo tecnológico y la creciente aplicación industrial de la soldadura en los últimos sesenta años, en especial a partir de la segunda guerra mundial durante la cual recibió un impulso definitivo, dificulta la definición clara y precisa del concepto de soldadura. Según la A.W.S (American Welding Society) en su norma AWS A3.0-94 Standard Welding Terms and Definitions:

Soldadura es el proceso para obtener uniones permanentes de materiales mediante la aplicación de calor con o sin la aplicación de presión o por la aplicación de solamente presión y con o sin el uso de metales de aporte.



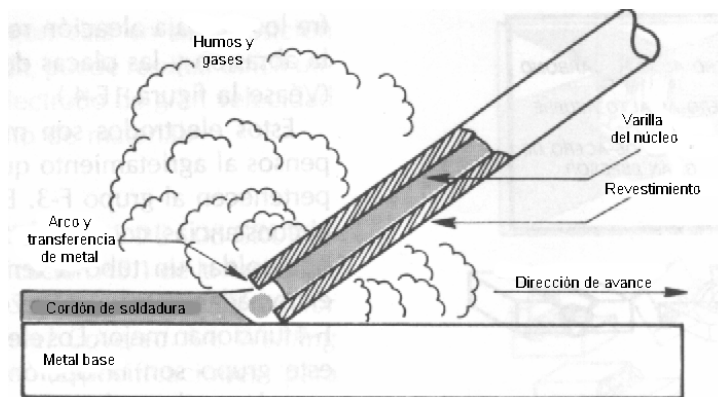


Figura 2.1 – Soldadura por arco de metal protegido

## 2.2 EQUIPO BÁSICO PARA SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO

Electricidad a partir del magnetismo y magnetismo a partir de la electricidad es el principio con el cual funcionan las máquinas eléctricas. Estos experimentos, junto con el perfeccionamiento de los electrodos, llevaron a la introducción de los muchos procesos para soldadura con arco que conocemos en la actualidad.

En cualquier proceso para soldadura con arco, el intenso calor requerido para fundir el metal base se produce con un arco eléctrico. Un soldador experto debe tener conocimientos de electricidad para su propia seguridad y a fin de comprender el funcionamiento del equipo para soldar con arco. Aunque la soldadura con arco no es más peligrosa que otros procesos de soldadura, se deben observar algunas precauciones debido a los elevados amperajes que se utilizan y a la radiación que se desprende del arco, entre otras cosas.

## 2.3 ELECTRICIDAD

A la electricidad sólo la conocemos por sus efectos. Es una fuerza invisible de atracción que produce una carga eléctrica. Si se provee una trayectoria entre objetos cargados que se atraen entre sí, se tendrá corriente eléctrica. Esta corriente en realidad es un flujo de electrones desde el objeto que tiene más de éstos hacia el que tiene menos, o sea, desde la terminal o extremo negativo de

un conductor hacia la terminal positiva del mismo. Cuando los electrones de una corriente se mueven siempre en la misma dirección producen corriente continua (llamada a veces corriente directa). Cuando los electrones invierten su dirección a intervalos periódicos producen corriente alterna.

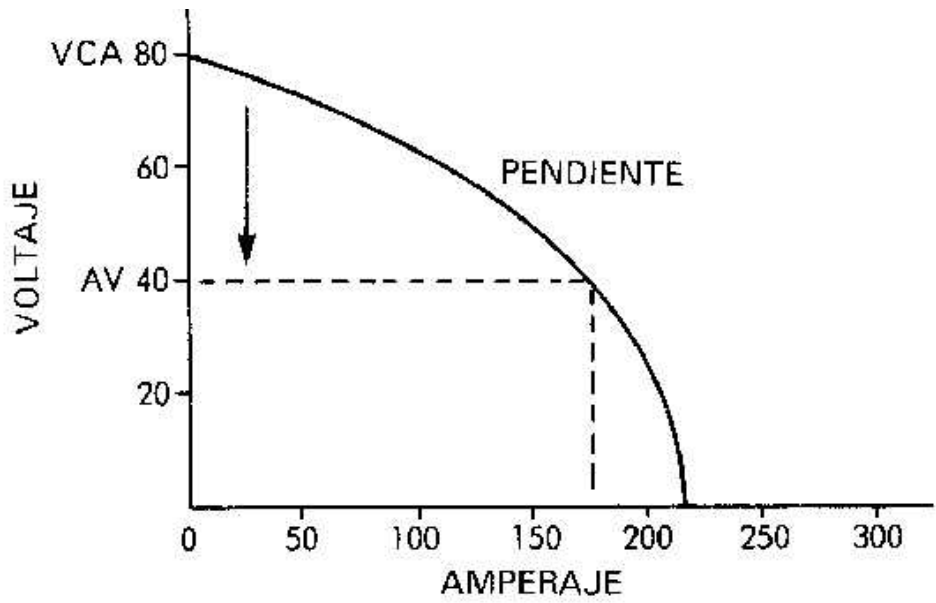
### 2.3.1 CALOR

Se ha descrito que la corriente eléctrica es un flujo de electrones y que el número de electrones que fluyen durante un minuto o un segundo se llama amperaje y la presión que mueve a los electrones se llama voltaje. Un generador o un alternador son el medio para poner en movimiento los electrones. Una corriente eléctrica no sólo produce un campo magnético sino también calor; éste se produce por la resistencia que hay al paso de la corriente y es la combinación que se utiliza en la soldadura. En ella, este calor se produce cuando el soldador forma el arco, ya sea al tocar el metal con el electrodo o al superponer una corriente de arranque en él. Cuando se establece la separación entre el electrodo y la pieza de trabajo, se produce resistencia y se genera calor. La rapidez de la generación del calor depende de la resistencia y de la cantidad de corriente que pase por el electrodo.

## 2.4 ELECTRICIDAD EN LAS MÁQUINAS PARA SOLDAR

En la soldadura, la relación entre el voltaje (presión) y el amperaje (cantidad de corriente) es de máxima importancia (figura 2.4). En la soldadura con arco se deben tener en cuenta dos voltajes:

- voltaje en circuito abierto (VCA)
- voltaje de arco.



A. Corriente constante (caída de arco)

Figura 2.4 –Relación voltaje – amperaje

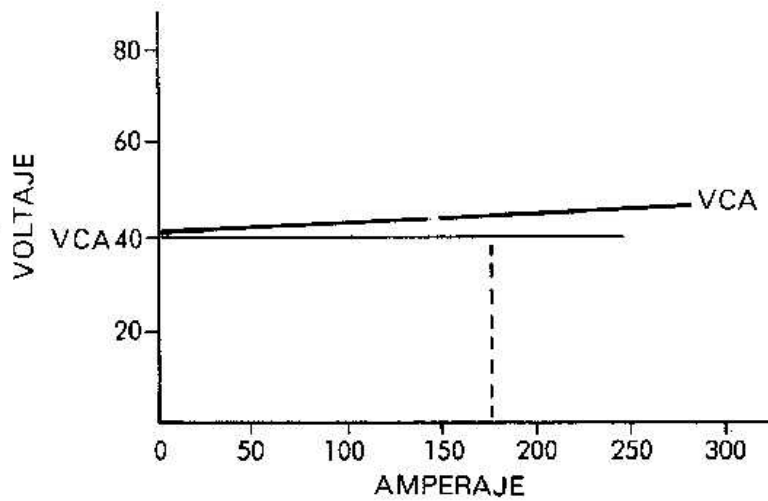


Figura 2.4 – Caída del arco

El VCA es el voltaje que hay entre las terminales de la máquina cuando no se está soldando y es alrededor de 70 V a 80 V. El VA es el voltaje entre el electrodo y el metal base durante la soldadura y es de 15 V a 40 V. Cuando se forma el arco y se inicia la soldadura, el VCA se reduce hasta el valor del VA, o sea de 80 a 40 V. Al mismo tiempo, aumenta el voltaje de arco. Después,

conforme se alarga el arco, el VA sube todavía más y se reduce el amperaje. Cuando se acorta el arco, se reduce el VA y aumenta el amperaje. (Figura 3.4)

## 2.4.1 PROCESOS Y FUENTES DE POTENCIA

### 2.4.1.1 RECOMENDACIÓN DE FUENTE DE POTENCIA (TABLA 2.4.1)

<b>SMAW</b>	<b>CC CA o CC</b>
<b>GMAW</b>	<b>VC CC</b>
<b>GTAW</b>	<b>CC CA o CC</b>

Tabla 2.4.1 –Recomendaciones de tipo de fuente de potencia

## 2.5 MÁQUINAS DE SOLDAR CON ARCO

Para lograr buenas soldaduras con electricidad, se necesita una máquina que controle la intensidad de la electricidad, aumente o disminuya la potencia según se requiera y que sea segura para manejarla. Hay tres tipos principales de máquina utilizadas en la soldadura con arco:

1. Máquina de ca (corriente alterna)
2. Maquina de cc (corriente continua)
3. Máquina de ca y cc (una combinación de las dos)

En la figura 2.5 se ilustran los tres tipos de fuentes de potencia con diferentes máquinas de soldar.

### 2.5.1 MÁQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

Las máquinas de corriente alterna (ca) se llaman transformadores. Transforman la corriente de la línea de alimentación (que es de alto voltaje y de bajo amperaje) en una corriente útil, pero segura para soldar (que es de bajo

voltaje y alto amperaje). Esto se efectúa dentro de la máquina con un sistema de un devanado primario, uno secundario y un reactor móvil.

### 2.5.2 MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Las máquinas de cc se clasifican en dos tipos básicos: generador y rectificador. En un generador de cc, la corriente se produce por la rotación de una armadura (inducido) dentro de un campo eléctrico. Esta corriente alterna generada la captan una serie de escobillas de carbón y un conmutador o colector y la convierten en corriente continua. Los rectificadores básicos son transformadores de ca a los que se ha agregado un rectificador. La corriente alterna que suministra el transformador se envía al rectificador que la convierte o rectifica a corriente continua.

### 2.5.3 MÁQUINAS DE CA Y CC

Las máquinas de ca y cc suministran corriente alterna o continua...

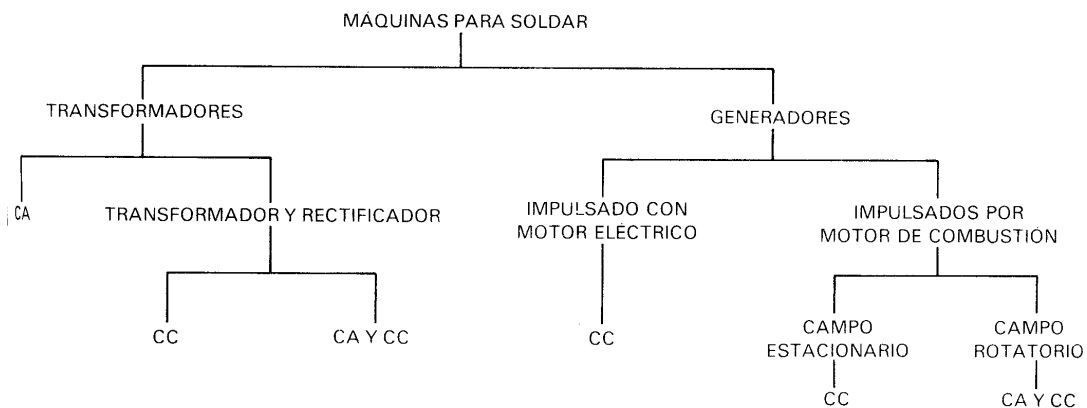


Figura 2.5 – Fuentes de tipos de potencia

## 2.6 DEFINICIONES

Antes de utilizar una máquina para soldadura, es conveniente conocer los siguientes términos.

### 2.6.1 CORRIENTE ALTERNA (CA).

Corriente en la cual los electrones fluyen en una dirección y luego invierten su movimiento en intervalos regulares.

### 2.6.2 CORRIENTE CONTINUA (CC).

Corriente en la cual los electrones fluyen en una sola dirección todo el tiempo.

### 2.6.3 VOLTAJE (V).

La presión requerida para mover la corriente eléctrica.

### 2.6.4 VOLTAJE DE ARCO (VA).

Voltaje a través del arco, entre el electrodo y el metal base durante la operación de soldadura.

### 2.6.5 VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO (VCA).

Voltaje que hay entre las terminales de la máquina de soldar, cuando no se está soldando, es decir solamente en el momento del encendido del arco.

### 2.6.6 CURVAS DE VOLTS Y AMPERES.

Son los trazos que muestran la salida de voltaje y amperaje de una máquina de soldar y la corriente máxima en cortocircuito para determinada graduación de la máquina.

### 2.6.7 AMPERAJE (A).

Cantidad de electricidad que fluye, cuando se suelda con un electrodo de diámetro pequeño se requiere menos amperaje que con uno de diámetro grande. El amperímetro y el control de corriente suelen estar en el frente de la máquina de soldar. Capacidad (salida) de la máquina. Significa el amperaje máximo al cual podrá trabajar la máquina. Puede variar entre 60 y 1 200 amperes, según el tamaño de la máquina.

### 2.6.8 CICLO DE TRABAJO.

Una máquina para soldar especificada para ciclo de trabajo de 20%, está destinada a funcionar a su máximo amperaje durante dos de cada diez minutos. En la industria, el ciclo de trabajo más usual es del 60%, o sea seis de cada diez minutos. Esta clasificación se estableció para evitar daños a las máquinas para soldar. Si se usa una máquina a más de su capacidad especificada, se dañará..

### 2.6.9 COMPARACIÓN DE LA CORRIENTE PARA SOLDAR.

La soldadura con cc permite una amplia selección de electrodos y gama de corriente y máxima estabilidad de arco. Se suele utilizar para soldadura en posiciones incómodas, soldaduras de lámina metálica, soldadura de tubos, para formar recubrimiento duro y para soldar acero inoxidable. La soldadura con ca produce menos salpicaduras, consume menos corriente, requiere menos mantenimiento y es ideal para soldadura hacia abajo de placas gruesas con electrodos grandes. Por supuesto, una máquina de ca y cc ofrece las ventajas de ambos.

## 2.7 CABLES PARA SOLDAR

Los cables utilizados para soldar son un conductor cubierto con un aislador. Deben poder conducir la corriente eléctrica desde y hasta el punto en que se suelda sin sobrecalentarse; empero deben ser lo más delgados y flexibles que sea posible. El conductor de los cables está hecho con muchos hilos de alambre delgado y trenzados entre sí, que pueden ser de aluminio o de cobre. El conductor de aluminio tiene mucha menor masa que el cobre, pero no puede conducir la misma cantidad de corriente que el cobre. Los cables están envueltos en un papel tipo estraza muy grueso y, a su vez, colocados en un forro de Neopreno o de caucho (hule). Por tanto, la distancia desde la máquina de soldar hasta la zona de trabajo debe ser lo más corta que se pueda. Los cables no deben estar enrollados sino que siempre se deben estirar para evitar la posibilidad de generar un campo magnético que tendría un efecto negativo en el comportamiento de la máquina. El tamaño de los cables para soldar

también es importante, ya que si es demasiado pequeño para su amperaje, se sobrecalentará.

## 2.8 PORTAELECTRODOS

Los portaelectrodos se utilizan para sujetar el electrodo y para servir como mango aislado. Los portaelectrodos son de diversas formas y tamaños. El tamaño del portaelectrodo depende del amperaje máximo que se va a usar. El punto importante es que el portaelectrodo debe ser ligero de peso y capaz de conducir suficiente corriente sin provocar sobrecalentamiento.

## 2.9 GRAPAS PARA TIERRA

La grapa para tierra se sujeta en la pieza de metal que se va a soldar, con la cual se completa el circuito de soldadura cuando el electrodo toca el metal. Las grapas de tierra que tienen resorte son las más convenientes porque constituye el método más fácil de sujetarlas en el metal que se va a soldar.

Recuerde que si el metal que se va a soldar no está conectado a tierra, no se completa el circuito y hay un serio peligro de una descarga eléctrica.

## 2.10 EL CIRCUITO PARA SOLDADURA

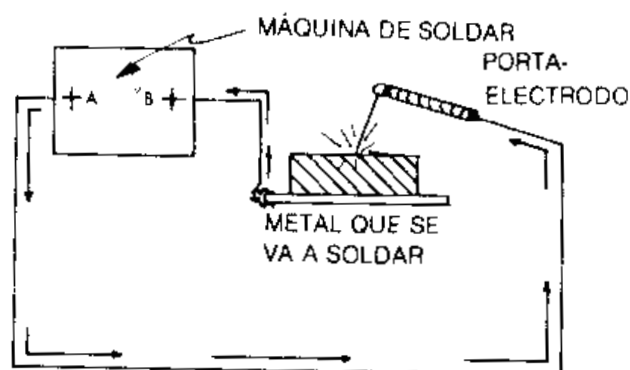


Figura 2.11 –Circuito para soldadura con arco

En la figura 2.11 se ilustra el circuito para soldadura con arco, el cual empieza en A donde el cable para el electrodo se conecta con una terminal de la



máquina de soldar y termina en B en donde se conecta el cable de tierra (masa) a la otra terminal de la máquina. La corriente para soldar fluye por el cable del electrodo hasta el portaelectrodo; desde éste fluye el electrodo y salta el espacio o entrehierro entre la punta del electrodo y el metal base para formar el arco. Desde el metal base retorna por el cable de tierra a la máquina de soldar como lo indican las flechas.

## 2.11 POLARIDAD

Una corriente eléctrica produce una fuerza magnética alrededor de su conductor. Debido a que las líneas de fuerza magnética finalizan en las terminales negativa y positiva de la corriente eléctrica, se les llama polo negativo y polo positivo. De ahí se deriva la palabra polaridad, con la cual sabemos la dirección en que circula la corriente. La polaridad sólo se puede determinar en las máquinas de cc. No se obtiene en las máquinas de ca, porque hay inversión de la corriente.

Cuando el cable para el electrodo se conecta en la terminal positiva (cc+) de la máquina de soldar, ésta se encuentra en polaridad positiva. Cuando el cable para el electrodo se conecta en la terminal negativa (cc-) de la máquina de soldar, ésta se encuentra en polaridad negativa. (Figura 2.12)

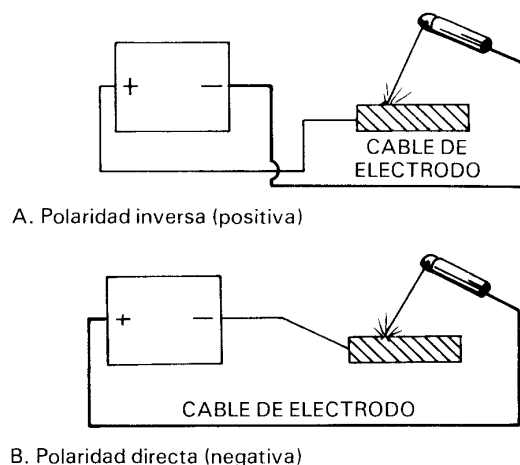


Figura 2.12 –Distribución de las conexiones

### 2.11.1 DENOMINACIÓN NOMBRE SIGNO COMÚN

Polaridad Inversa + (positivo) - cc+

Polaridad Directa - (negativo) - cc-

No es necesario cambiar los cables para cambiar la polaridad. En la mayor parte de las máquinas, sólo hay que mover una palanca o un cuadrante en el frente de la máquina de soldar.

En algunos procesos de soldadura, la polaridad que se debe utilizar se determina con el metal que se va a soldar. Sin embargo, en el proceso de SMAW, la polaridad se determina por el recubrimiento del electrodo. Por ejemplo, cuando se utiliza un electrodo (E6010) trabaja mejor con ccpi (corriente continua con polaridad inversa), en cuyo caso el electrodo es positivo y el metal base es negativo. La cc puede tener polaridad directa o inversa, según se seleccione.

### 2.12 ESCUDO PROTECTOR

Un casco soldador o escudo de mano adecuado es necesario para toda soldadura por arco. Un arco eléctrico produce una luz brillante y también emite rayos ultravioleta e infrarrojos invisibles, los cuales pueden afectar los ojos y la piel. Nunca se debe observar directamente el arco dentro de una distancia de 16metros.

Ambos, el casco y el escudo de mano están equipados con lentes teñidos especiales que reducen la intensidad de la luz y filtran los rayos infrarrojos y ultravioleta.

Los lentes vienen en diferentes colores para varios tipos de soldadura. En general, la práctica recomendada es la siguiente:

#### 2.12.1 RECOMENDACIÓN DE LENTES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE SOLDADURA.

- Color No 5 para soldadura liviana por puntos.
- Colores No 6 y 7 para soldar con hasta 30 amperios.

- Color No. 8 para soldar con entre 30 y 75 amperios.
- Color No. 10 para soldar con entre 75 y 200 amperios.
- Color No. 12 para soldar con entre 200 y 400 amperios.
- Color No. 14 para soldar con más de 400 amperios.

## 2.13 ROPA DEL SOLDADOR

El soldador tiene que estar completamente vestido para seguridad en la soldadura.

Los guantes deberán ser de tipo para servicio pesado con puños largos. Hay disponibles guantes de soldador hechos de cuero. Use guantes de asbesto para trabajar en calor intenso. Sin embargo, use grapas – no los guantes – para recoger el material caliente.

Las mangas del soldador dan protección adicional contra chispas y calor intenso. Los delantales de cuero o asbesto son recomendados para soldadura pesada. Vista zapatos gruesos y nunca enrolle las piernas de los pantalones, les puede caer el metal fundido. Si es posible, remueva o cubra los bolsillos delanteros de los pantalones y camisas.

Cubra la cabeza con un gorro protector y siempre lleve el escudo protector colocado correctamente.

## 2.14 ELECTRODOS

### 2.14.1 EL ALAMBRE DEL NÚCLEO

El alambre del núcleo de un electrodo, en casi todos los casos, se hace con el mismo metal que el de las piezas que se van a soldar. Por ejemplo, el acero dulce se soldaría con un electrodo con el alambre del núcleo hecho con acero dulce. El alambre sería de aluminio para soldar un metal base de aluminio; para el cobre, se emplearía alambre de núcleo de cobre, etc. La combinación de los elementos utilizados para el recubrimiento produce las características especiales de cada tipo de electrodo.

La finalidad del alambre del núcleo es conducir la energía eléctrica al arco y suministrar el metal de relleno o aporte adecuado.

## 2.14.2 RECUBRIMIENTOS

El recubrimiento tiene muchas funciones. Si no lo hubiera, el metal fundido se combinaría con el oxígeno y el nitrógeno del aire. Por tanto, es necesario proteger tanto el metal de aporte del electrodo como el metal base fundido que se suelda; éste es la mezcla del metal base fundido y el metal fundido del electrodo que, cuando se solidifica forma la soldadura en sí. El arco se puede proteger con una envoltura de un gas inerte, el cual no producirá una reacción química con el metal fundido. El recubrimiento de los electrodos suministra el gas protector. Este es el proceso de soldadura con metal y arco protegido (SMAW). Algunos de los elementos utilizados en los recubrimientos son magnesio, silicatos de aluminio y talco, todos ellos son formadores de escoria. Los fluoruros de calcio, carbonatos de calcio, ferromanganeso, ferrosilicio y ferrotitanio son agentes fundentes. El silicato de sodio se utiliza como agente aglutinante. La celulosa, que forma un gas, protege la zona de la soldadura.

### 2.14.2.1 FUNCIONES DE LOS RECUBRIMIENTOS:

Las principales funciones de los recubrimientos de los electrodos son:

- a. Reducir al mínimo la contaminación del metal de soldadura con el oxígeno y el nitrógeno atmosféricos;
- b. Compensar las pérdidas de ciertos elementos durante la transferencia del metal a través del arco, porque el recubrimiento incluye aleaciones;
- c. Concentrar el arco en una zona específica porque forma un cono en la punta del electrodo.
- d. Controlar todos los parámetros de funcionamiento del electrodo.

## 2.15 ESCORIA

El recubrimiento también forma escoria en la parte superior del metal fundido que se suelda, la cual protege al metal fundido durante el enfriamiento y también ayuda a configurar la soldadura. Se elimina después de que se ha

enfriado la soldadura. La escoria, además de formar una capa protectora sobre la soldadura, también debe poseer las siguientes características:

- a. Tener un punto de fusión más bajo que el del metal que se suelda. De lo contrario, hay el peligro de que la escoria se solidifique antes que el metal de aporte depositado.
- b. Tener una densidad, en su estado fundido, que sea menor que la del metal de soldadura, para que pueda flotar en la superficie.
- c. Debe tener suficiente viscosidad para que no fluya sobre una superficie muy grande. Sirve para evitar la contaminación del metal de la soldadura con el aire atmosférico.
- d. No debe contener elementos que produzcan reacciones indeseables con el metal de soldadura.
- e. Se dilatará, pero en forma distinta a la del metal de soldadura, para que se pueda desprender de éste cuando esté frío.

#### 2.15.1 DIAMETRO DEL ELECTRODO

La medida del electrodo que se debe utilizar depende de diversos factores:

1. El espesor del metal
2. Preparación de los bordes o filos de la unión
3. La posición de la unión (plana, vertical, sobre la cabeza)
4. La pericia del soldador

#### 2.15.2 AMPERAJE

El amperaje que se utilice dependerá de:

1. Tamaño del electrodo seleccionado
2. El tipo de recubrimiento del electrodo

3. La fuente de potencia (ca, cc)

## 2.16 TIPOS DE ELECTRODOS

El tipo de electrodo seleccionado para la soldadura por arco depende de:

1. La calidad de soldadura requerida.
2. La posición de la soldadura.
3. El diseño de la junta.
4. La velocidad de soldadr.
5. La composición del metal por soldar.

## 2.17 IDENTIFICACION DE LOS ELECTRODOS

La Sociedad Americana de Soldadura "AWS" ha establecido una serie de códigos de identificación y a su vez de Clasificación para los diferentes productos que las grandes y medianas fábricas de electrodos producen para abastecer el mercado, estos códigos se han convertido en la referencia mas comúnmente usada en Latino-América por su fácil reconocimiento y manejo y aunque algunos fabricantes nombran sus productos con sus propios nombres comerciales, los usuarios en su mayoría prefieren llamarlos por su código de identificación de la AWS. Ver tabla 2.20

Otras agencias, especializadas en áreas específicas, han establecido sus códigos para identificar sus productos, como algunas agencias que regulan los productos de uso militar, Military "MIL", La Sociedad Americana de Ingenieros Mecanicos (American Society of Mechanical Engineer) "ASME", el Bureau Americano de constructores de Barcos (American Bureau of Shipping) "ABS", el Bureau Canadiense de Soldadura (Cannadian Bureau of Welding) "CBW", solo para nombrar los mas grandes.

Los electrodos, en particular, tienen su propio código en todas las agencias que los clasifica, que los separa de los demás productos y los hace identificables de manera específica, el código que AWS usa para esto, y que probablemente sea el mas popular en Latino-América se ha convertido en la referencia que mas comúnmente se usa para Clasificar, son el AWS A5.1 para los electrodo de

acero “dulce” y el AWS A5.5 para los electrodos de baja aleación de acero (alto contenido de carbón), muchos los identifican separándolos erróneamente como “Electrodos de Bajo Hidrógeno y Electrodos de Alto Hidrogeno” respectivamente, pero algunas variaciones de los electrodos en ambas clasificaciones contienen en sus fundentes altas o bajas cantidades de hidrógeno que los excluye de esa referencia.

Tipo de electrodo	Especificación de la AWS
Acero al carbono	A5.1
Acero de baja aleación	A5.5
Acero resistente a la corrosión	A5.4
Hierro colado	A5.15
Aluminio y aleaciones de aluminio	A5.3
Cobre y aleaciones de cobre	A5.6
Níquel y aleaciones de níquel	A5.11
Recubrimiento	A5.13 y A5.21

Tabla 2.20 –Especificaciones de la AWS para electrodos cubiertos

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

## 2.18 CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS

### 2.18.1 ACERO DULCE

Clasificación AWS para los metales de aporte. (Ver tabla 2.21.1)

**E - X X X X**  
 (1) (2) (3) (4) (5)

(1) Lo identifica como electrodo

(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(5) Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos

Tabla 2.21.1 –Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1 (electrodo cubierto de Acero Dulce)

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

### 2.18.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS POSICIONES DE SOLDADURA

Clasf	Posición
EXX1X	Cualquier posición (Plana, horizontal, sobre cabeza y vertical)
EXX2X	Horizontal y solamente plana
EXX3X	Solamente plana
EXX4X	Plana, vertical descendente

Ver tabla 2.21.1.1

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

Ejemplo: E-6010

E = Electrodo cubierto

60 = 60 x 1000 PSI = 60.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical, y sobre cabeza)

0 = DCEP (direct current electrode positivo) Corriente Directa "DC"  
electrodo positivo "+"

### 2.18.2 ACERO DE ALTO CARBONO

Clasificación AWS para los metales de aporte. (Ver tabla 2.21.2)

**E - XXXX-XX**

**(1) (2) (3) (4) (5) (6)(7)**

(1) Lo identifica como electrodo

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(4) Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significantivo

(5) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo

(6) y (7) Composición química del material después de depositado

Tabla 2.21.1 –Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.5 (electrodo cubierto de baja aleación de acero)

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

### 2.19 ORIENTACION DEL ELECTRODO



Un aspecto muy importante a controlar dentro del proceso es la orientación del electrodo, es decir, dependiendo de la preparación y tipo de cordón se recomienda no sobrepasar en inclinación durante la ejecución de la soldadura, ya que esto afecta la transferencia y la aportación de aleantes, por lo cual se recomienda lo siguiente (Ver tabla 2.22)

Tipo de juntas	Posición a soldar	Angulo de trabajo	Angulo de ataque
Preparación	Plana	90	5-10
Preparación	Horizontal	80-100	5-10
Preparación	Vertical	90	5-10
Preparación	Sobre cabeza	90	5-10
Filete	Horizontal	45	5-10
Filete	Vertical	35-55	5-10

Tabla 2.22 -Orientación del electrodo

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

## 2.20 SELECCIÓN DE ELECTRODO

Hay varios factores vitales para seleccionar un electrodo para soldar. La posición de soldar es especialmente significativa. Como una regla práctica, nunca use un electrodo que tenga un diámetro más grande que el grosor del metal por soldar. La posición y el tipo de la junta también son factores que deben considerarse al determinar el tamaño del electrodo. Por ejemplo, en una sección de metal gruesa con una "V" estrecha, un electrodo con diámetro pequeño siempre es utilizado para hacer el primer paso. Esto se hace para asegurar plena penetración en el fondo de la soldadura. Los paso siguientes entonces son hechos con electrodos más grandes.

Para soldadura vertical y de sobrecabeza, un electrodo con diámetro de 3/32" (2,7mm) es el más grande que se deberá utilizar, no obstante el grosor de la plancha. Los electrodos más grandes lo hacen demasiado difícil de controlar el metal depositado.

Por economía, siempre use el electrodo más grande que sea práctico para el trabajo. Se requiere más o menos la mitad del tiempo para depositar una

cantidad de metal de soldar de un electrodo revestido con acero suave con diámetro de 6.4 mm. de lo que se requiere para hacerlo con un electrodo del mismo tipo con diámetro de 4.8 mm. Los tamaños más grandes no solo permiten el uso de corrientes más altas sino también requieren menos paradas para cambiar el electrodo.

La velocidad de aportación y la preparación de la junta también son factores importantes que influyen la selección de electrodos. Los electrodos para soldar acero suave a veces son clasificados como del tipo de adhesión rápida, rellenar-adherir, y relleno rápido. Los electrodos de adhesión rápida producen un arco de penetración profunda y depósitos de adhesión rápida. Son llamados muchas veces electrodos de polaridad inversa, aunque algunos de estos pueden utilizarse con CA. Estos electrodos tienen poca escoria y producen cordones planos. Son ampliamente utilizados para soldadura en cualquier posición para ambos, la fabricación y trabajos de reparación. Los electrodos del tipo de relleno-adhesión tienen un arco moderadamente fuerte y una velocidad de depósito entre aquellas de los electrodos de adhesión rápida y relleno rápido. Comúnmente, se llaman electrodos de "polaridad directa" aunque pueden utilizarse con CA. Estos electrodos tienen cobertura completa de escorias y depósitos de soldadura con ondas distintas y uniformes. Estos son los electrodos para uso general en talleres de producción y además son utilizadas para reparaciones. Se pueden utilizar en toda posición, aunque los electrodos de adhesión rápida son preferidos para soldadura vertical y de sobrecabeza.

El grupo de relleno rápido incluye los electrodos revestidos pesados de hierro en polvo con un arco suave y velocidad alta de depósito. Estos electrodos tienen escorias pesadas y producen depósitos de soldadura excepcionalmente suaves. Generalmente son utilizados para soldadura de producción donde todo el trabajo puede colocarse en posición para soldadura plana. Otro grupo de electrodos es el tipo de bajo hidrógeno que contiene poco hidrógeno, sea en forma de humedad o de producto químico. Estos electrodos tienen una resistencia sobresaliente a las grietas, poca o ninguna porosidad, y depósitos de alta calidad bajo inspección por rayos X.

Además, hay muchos electrodos para uso especial para revestimiento, y para soldadura de cobre y aleaciones de cobre, aluminio, hierro fundido, manganeso, aleaciones de níquel, y aceros de níquel-manganeso. La composición de estos electrodos generalmente está diseñada para complementar el metal básico por soldar.

La regla básica en la selección de electrodos es la de escoger el electrodo que sea más parecido al metal por soldar.

## 2.21 ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS

Los electrodos se guardan en un bote sellado hasta que se usen. El aire y la humedad en el aire se combinarán con elementos químicos en el revestimiento de los electrodos bajo la mayoría de las condiciones.

La humedad se convierte en vapor al calentar el electrodo y el hidrógeno en el agua combina con los agentes químicos en el revestimiento. Al mezclarse con el metal fundido, esto cambia la composición de la soldadura. Y afecta en su calidad.

## 2.22 TIPOS DE JUNTAS

### 2.22.1 A TRASLAPE

De puntos, filete, tapón o de agujero alargado

### 2.22.2 A TOPE

Simple, escuadradas, biseladas, en "V"

### 2.22.3 EN ESQUINA A 90°

De medio traslape, de esquina a esquina, de inserción completa, de una sola V, de una sola U.

### 2.22.4 DE BRIDA

De una sola, de doble brida

## 2.22.5 EN "T"

Un solo bisel, 2 biseles, una J, doble J

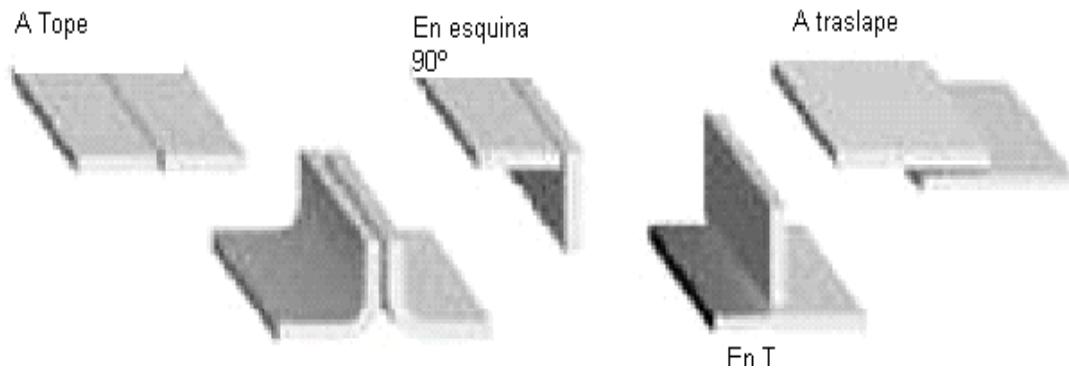


Figura 2.25 –Diferentes tipos de juntas

Fuente: Comodoro, [www.prevention-world.com](http://www.prevention-world.com)

## 2.23 FUNDAMENTOS DE LA SOLDADURA CON METAL Y ARCO PROTEGIDO (SMAW)

### 2.23.1 PERICIA Y PRÁCTICA

La calidad de una soldadura depende de los conocimientos y la destreza del soldador. La pericia sólo se obtiene con la práctica. Hay seis factores básicos que debe tener en cuenta el principiante antes de empezar a soldar. Los dos primeros se relacionan con la posición y la protección, los otros cuatro con el proceso de soldadura en sí.

1. Posición correcta
2. Protección para la cara
3. Longitud del arco
4. Ángulo del electrodo
5. Velocidad de avance

## 6. Amperaje

### 2.23.1.1 POSICIÓN CORRECTA.

Es mucho más fácil soldar si el soldador está en una posición cómoda. Los métodos correctos son los siguientes.

1. Con la máquina apagada ("OFF") coloque el electrodo en el portaelectrodo.
2. Agarre el portaelectrodo con la mano derecha, en una posición cómoda.
3. Sujétese la muñeca derecha con la mano izquierda.
4. Ponga el codo izquierdo en el banco de soldar.
5. Alinee el electrodo con el metal que va a soldar.
6. Use el codo izquierdo como pivote y practique el movimiento del electrodo a lo largo del metal.

### 2.23.1.2 LONGITUD DEL ARCO.

La longitud del arco es la distancia entre la punta del electrodo y el metal que se va a soldar. Se debe mantener la distancia correcta.

### 2.23.1.3 ÁNGULO DEL ELECTRODO.

El electrodo se debe mantener en el ángulo correcto durante la soldadura.

### 2.23.1.4 VELOCIDAD DEL ELECTRODO.

Se debe mantener la velocidad correcta si quiere obtener una buena soldadura.

### 2.23.1.5 AMPERAJE.

El amperaje (calor) incorrecto producirá una soldadura deficiente.

## 2.24 DEFECTOS EN LA SOLDADURA

De acuerdo a la clasificación hecha por el instituto internacional de soldadura, los defectos se han dividido en 6 grupos:

1. Fisuras
2. Cavidades
3. Inclusiones sólidas
4. Falta de fusión y de penetración
5. Defectos de forma
6. Defectos no incluidos en los grupos anteriores

### 2.24.1 FISURAS

Discontinuidades producidas por roturas locales, que pueden ser provocadas por enfriamientos o tensiones. Cuando la fisura tiene dimensiones microscópicas, recibe el nombre de microfisura

#### 2.24.1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS FISURAS.

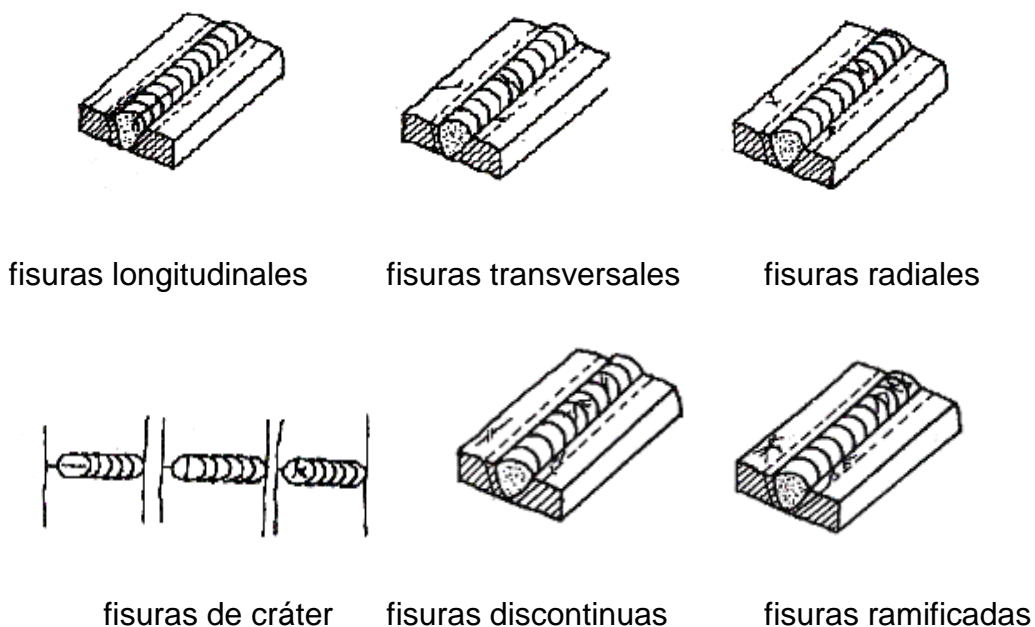


Figura 2.27.1.1 –Clasificación de las fisuras

## 2.24.2 POROSIDADES

Son discontinuidades que se definen como gases atrapados por la solidificación del metal conocida también como inclusiones gaseosas.

### 2.24.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS POROSIDADES.

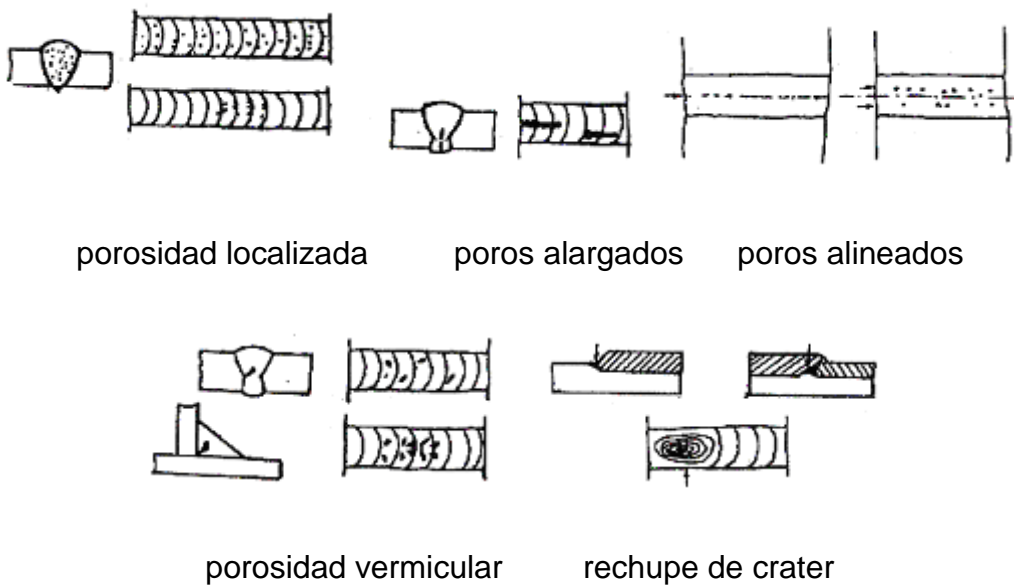


Figura 2.27.2.1 –Clasificación de las porosidades

## 2.24.3 INCLUSIONES DE ESCORIA

Son materias sólidas extrañas aprisionadas en el metal fundido.

### 2.24.3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS INCLUSIONES DE ESCORIA.

Inclusion de escoria alineados aisladas a cualquier forma.

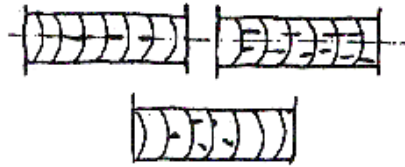


Figura 2.27.3.1 –Clasificación de las inclusiones

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA

2.24.4 FALTA DE FUSION Y DE PENETRACION

Falta de Fusión.- Falta de ligazón entre el metal depositado y el metal base o entre dos capas de metal depositado.

Falta de Penetración.- Fusión parcial de los bordes, que da lugar a una discontinuidad entre los mismos.

2.24.4.1 CLASIFICACIÓN DE LA FALTA DE FUSIÓN Y DE PENETRACIÓN.

4. FALTA DE FUSION Y PENETRACION

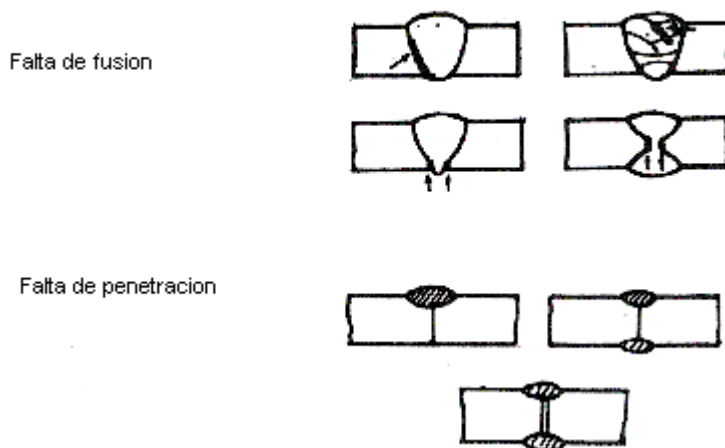


Figura 2.27.4.1 –Clasificación de la falta de fusión y penetración

Fuente: EPN (2002), Folleto de PRINCIPIOS DE CONTROL DE SOLDADURA



#### 2.24.5 DEFECTOS DE FORMA

Forma defectuosa.- Falta de conformación de orden geométrico de la superficie externa con relación al perfil correcto.

#### 2.25 SEGURIDAD

Según la NASD (Nacional Ag Safety Database), las medidas de seguridad necesarias para trabajar con soldadura con arco son las siguientes.

##### 2.25.1 RECOMENDACIONES GENERALES SOBRE SOLDADURA Shield Metal Arc Welding (SMAW)

Antes de empezar cualquier operación de soldadura de arco, se debe hacer una inspección completa del soldador y de la zona donde se va a usar. Todos los objetos susceptibles de arder deben ser retirados del área de trabajo, y debe haber un extintor a mano.

Los interruptores de las máquinas necesarias para el soldeo deben poderse desconectar rápida y fácilmente. La alimentación estará desconectada siempre que no se esté soldando, y contará con una toma de tierra

Los portaelectrodos no deben usarse si tienen los cables sueltos y las tenazas o los aislantes dañados.

La operación de soldadura deberá llevarse a cabo en un lugar bien ventilado pero sin corrientes de aire que perjudiquen la estabilidad del arco. El techo del lugar donde se suelde tendrá que ser alto o disponer de un sistema de ventilación adecuado. Las naves o talleres grandes pueden tener corrientes no detectadas que deben bloquearse.

## **CAPITULO III**

### **3 SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AL CARBONO Y ALEADOS**

#### **3.1.1 CONCEPTO DE SOLDABILIDAD**

Soldabilidad es la capacidad que tienen los materiales, de la misma o diferente naturaleza, para ser unidos de forma permanente mediante los procesos de soldadura, sin presentar transformaciones estructurales perjudiciales, tensiones o deformaciones que puedan ocasionar alabeos o fisuramiento en el material en cuestión u otros problemas concernientes al punto de fusión de estos o de sus óxidos.

Según la AWS la soldabilidad se define como la capacidad de un metal para ser soldado bajo condiciones impuestas de fabricación dentro de una estructura específica convenientemente diseñada y para funcionar satisfactoriamente en el servicio propuesto.

#### **3.2 DIVERSOS ASPECTOS DE LA SOLDABILIDAD**

La soldabilidad puede abordarse bajo los tres aspectos siguientes:

— La soldabilidad operatoria, relativa a la operación de soldadura, estudia las condiciones de realización de las uniones por fusión o por cualquier otro procedimiento, por ejemplo, por presión.

—La soldabilidad metalúrgica, relativa a las modificaciones físico-químicas resultado de la operación de soldadura.

—La soldabilidad constructiva o global, que se dedica a definir las propiedades de conjunto de la construcción por la sensibilidad de la unión o la deformación y a la rotura bajo el efecto de las tensiones.

Así pues, se dice que un metal o aleación es soldable si satisface a estas tres condiciones. La primera es perentoria, si un metal es refractario a la llama o al arco o si no puede dar una unión continua, no es soldable.

Así mismo, el aluminio y sus aleaciones no son soldables sin la intervención de un flujo especial pues la formación de alúmina dificulta la realización de una unión continua. También, los aceros al cromo y los aceros al aluminio, tienen una mala soldabilidad operatoria debido a la formación de óxido de cromo o alúmina. Se mejora enormemente su soldabilidad operatoria mediante el empleo de un flujo destinado a disolver estos óxidos.

De un modo general, puede realizarse la soldadura de los metales y aleaciones industriales ya sea de forma directa o mediante el empleo de un artificio. Para algunos metales refractarios como el tungsteno y el molibdeno (se utilizan poco en estado metálico) puede lograrse su soldadura por métodos indirectos, por ejemplo: por calentamiento acompañado de una operación de tipo mecánico (fabricación de los filamentos de las lámparas).

La soldabilidad metalúrgica está ligada a las transformaciones que sufre el metal o aleación durante la unión. Este término debemos tomarlo en su más amplio sentido; efectivamente, la transformación puede afectar a las características mecánicas, como el temple martensítico en los aceros especiales o la transformación eutéctica del óxido de cobre; pero también puede afectar a las características químicas, como en los aceros inoxidable al cromo-níquel (tipo 18/8) que pierden sus propiedades de resistencia química por precipitación de carburo de cromo.

Por último, la soldabilidad constructiva es función de otras propiedades físicas del metal dilatación-contracción produciendo deformaciones y creando tensiones que son el origen de grietas que pueden tener su nacimiento en la soldadura.

### 3.2.1 SOLDABILIDAD DE LOS METALES Y ALEACIONES

La soldabilidad de los metales y aleaciones es la mayor, o menor capacidad que poseen los mismos para soldarse sin variar mucho sus propiedades físicas químicas y tecnológicas.

Presenta una diferencia notable del concepto de soldadura, ya que la soldabilidad es una posibilidad de ser soldado una aleación o metal determinado mientras que la soldadura es la unión en sí obtenida por un proceso de soldadura determinado.

La soldabilidad depende de varios factores de la composición química de los metales y aleaciones y del método de soldadura.

En la mayoría de los procesos mecánicos las aleaciones empleadas son los aceros y fundiciones y otras aleaciones no ferrosas tales como el Bronces el Latón y el Aluminio y sus aleaciones, por lo que la atención principal y objeto de la soldabilidad se centrará en ellos.

En los aceros, el principal elemento que influye en la soldabilidad es el Carbono. Existen aceros de bajo, medio y alto contenido de Carbono; esta clasificación, analizada en temáticas de Metalografía y Tratamiento Térmico (Diagrama Hierro-Carbono), determina de modo exacto, la clarificación de la Soldabilidad de estas aleaciones.

En la tabla 3.1 puede observarse el tipo de soldabilidad en dependencia del contenido de Carbono la cual puede ser buena, satisfactoria, limitada y mala.

Suma de los elementos de	Contenido de Carbono (c) %
	Soldabilidad

aleación, %	Buena	satisfactoria	limitada	mala
Menor que 1	0.25	0.25-0.35	0.35-0.45	Mayor de 0.45
1-3	0.20	0.20-0.30	0.30-0.40	Mayor de 0.40
Mayor que 3	0.18	0.18-0.28	0.28-0.38	Mayor de 0.38

Tabla 3.1 Soldabilidad de los aceros.

En lo referente al contenido de Carbono puede concluirse que en la medida que el contenido de Carbono aumente, disminuye la soldabilidad. No solo, puede considerarse el Carbono sino también otros elementos aleantes tales como el Manganeso, Níquel, Cromo, Silicio y Molibdeno que influyen en la soldabilidad de los aceros. El Manganeso (Mn) por encima de valores mayores de 1,5% disminuye la soldabilidad por que tiende a aumentar la dureza del metal depositado, así como a formar inclusiones refractarias en el mismo. El Níquel (Ni) posee una manifestación similar con contenidos mayores de 3,5% provocando también aumento de dureza en el metal depositado, otro tanto ocurre, con el Cromo (Cr) por encima de 1% con el Molibdeno (Mo) por encima de 0,35% los valores de dureza Brinell se mantienen en cada caso, entre los valores de 300-600 HB.

El caso del Silicio (Si) es, particularmente importante, pues provoca aumento de fragilidad y tendencia a formar grietas durante la soldadura. De otra parte, los contenidos de azufre y fósforo no deben sobrepasar el 0,04-0,05%.

La conclusión definitiva acerca de la soldabilidad de los aceros al Carbono (C) radica en el hecho no solo, del contenido de C sino de los contenidos que existan en la aleación de los elementos aleantes, en la medida en que dichos elementos aumenten sus valores por encima de los límites mencionados producirán fragilidad debido al aumento de la dureza.

En los casos de las aleaciones del Cobre (Cu) tales como Bronce y Latón, el término soldabilidad se remite al análisis de los elementos componentes, sobre todo, el Cobre, elemento esencial en estas aleaciones; y aplicar técnicas que conlleven a una buena soldadura. En el Aluminio y sus aleaciones ocurre de manera similar con la particularidad de que los elementos aleantes son distintos a las de las aleaciones de Cobre

La soldabilidad de los metales y aleaciones es un aspecto importante en el cual deben apoyarse los operarios en la vida real, en la práctica, pues hay momentos en que se confunde el término soldadura y soldabilidad; existe una diferencia marcada ya señalada anteriormente, pero no es menos cierto, que hay una similitud que radica en el hecho de que algunas o la mayoría de las aleaciones, para ser soldadas, es necesario, aplicar ciertas técnicas de soldadura idóneas para garantizar su soldabilidad.

### 3.3 ASPECTO METALÚRGICO DE LA SOLDADURA

En una unión soldada podemos apreciar micrográficamente 3 partes distintas: la zona fundida, constituida por el cordón de soldadura, región adyacente o zona afectada por el calor, y el metal de base.

La zona fundida, formada únicamente por el metal solidificado a partir del estado líquido sufre, durante la fusión, un cierto número de transformaciones que son de tipo químico, físico o estructural.

El metal base, sufre un tratamiento térmico variable según el punto que se considere y, por ello, es asiento de transformaciones de tipo físico-químico. La importancia de estas transformaciones es función, por una parte, del ciclo térmico y por otra, de la misma naturaleza de la aleación, aleaciones

templantes (aceros), aleaciones sensibles a los cambios de fase por precipitación (aleaciones de aluminio, por ejemplo).

Como vemos los fenómenos son complejos y difieren según la aleación considerada. También nos ha parecido indispensable estudiar las modificaciones separadamente en la zona fundida y en el metal de base, que no sufre más que el efecto de un tratamiento térmico.

Desde el punto de vista metalúrgico, la soldadura, presenta dos caracteres esenciales:

1. La primera de estas características, la fusión, nos conduce a considerar la soldadura bajo un triple aspecto:

a) Operación de fundición. Ya que el metal se lleva al estado líquido para inmediatamente después de solidificarse en una cavidad de forma determinada, pero con la particularidad de que las paredes del molde representan aquí las piezas a soldar y, por consiguiente, participan en la fusión.

b) Operación de tratamiento térmico. Ya que las paredes que limitan la parte fundida, es decir la zona contigua a la de la fusión, están sometidas a un calentamiento en estado sólido seguido de un enfriamiento, pero con la particularidad de que la temperatura alcanzada y la velocidad de enfriamiento varían dentro de amplios límites, según el lugar del punto considerado dentro de la zona calentada.

c) Operación metalúrgica. Como consecuencia de las reacciones químicas que pueden producirse entre el metal fundido y el medio circundante, ya sea atmósfera gaseosa ya fundente o escorias.

2. La segunda característica, la localización de la operación, es lo que diferencia a la soldadura de las técnicas precedentes pues, si la fusión fuese total, equivaldría a una simple operación de fundición con intervención eventual de las reacciones metalúrgicas y si el calentamiento fuese también total, sería una simple operación de tratamiento térmico. Por tanto, el resultado final que debemos obtener es, con la continuidad de la materia, la homogeneidad en las

propiedades de la unión y particularmente las mecánicas. Si bien la condición de continuidad, es decir la ausencia de defectos físicos, puede realizarse perfectamente en una soldadura ejecutada correctamente, la de la homogeneidad es totalmente imposible de lograr, rigurosamente hablando, y bajo todos sus aspectos. No obstante es necesario aproximarse lo más posible, sobre todo en lo que se refiere a las propiedades que van a entrar en juego durante la utilización, y es esta mayor o menor aproximación la que califica el grado de perfección de la operación y que debe definir la soldabilidad del metal.

### 3.3.1 ZONA FUNDIDA

La zona fundida de una unión es asiento de un cierto número de fenómenos que vamos a estudiar con detalle:

- Modificaciones químicas.
- Absorción de gas.
- Precipitación de compuestos definidos de la solución sólida madre.
- Transformaciones eutécticas.
- Modificaciones estructurales.

#### 3.3.1.1 MODIFICACIONES QUÍMICAS

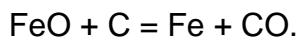
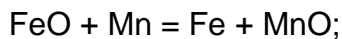
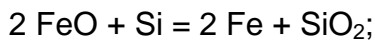
Las variaciones en la composición química de la zona fundida pueden tener una influencia favorable o desfavorable sobre las propiedades de la unión.

Las pérdidas por oxidación de los elementos útiles como el carbono en los aceros, el silicio en las fundiciones, etc., modifican las características mecánicas. Así mismo, la fijación de un tanto por ciento exagerado de carbono, de fósforo o de azufre, por la llama o por el revestimiento del electrodo, así como la absorción de oxígeno y nitrógeno, producen una pérdida en las cualidades de la unión. Por el contrario, el aporte voluntario por micrometalurgia de ciertos elementos especiales conduce a una mejora de las características mecánicas o químicas.



### 3.3.1.1.1 PÉRDIDA DE ELEMENTOS POR OXIDACIÓN.

Estos fenómenos son bien conocidos por los metalúrgicos; en soldadura, se complican por la presencia de una atmósfera que rodea al metal fundido y cuya naturaleza depende de la regulación de la llama o de la composición del revestimiento del electrodo en la soldadura por arco. En el caso de los aceros, sabemos que estas pérdidas son en general consecuencia de la reducción del óxido de hierro por los elementos componentes del acero. Así, los elementos oxidables: silicio, manganeso y carbono, actúan sobre el óxido de hierro FeO, formado a elevada temperatura, según las reacciones clásicas:



Las dos primeras reacciones producen los silicatos de manganeso y de hierro que se eliminan fácilmente por decantación a través del metal líquido, mientras que la reacción (3) que da óxido de carbono puede, según las circunstancias, favorecer la formación de sopladuras o provocar el defecto de poros superficiales.

A continuación damos las proporciones de pérdidas por oxidación en carbono, manganeso y silicio en la soldadura oxiacetilénica, según se ha deducido de diferentes trabajos realizados.

Carbono  $\left\{ \begin{array}{l} 15 \% \text{ para las chapas finas,} \\ 30 \% \text{ para las chapas gruesas.} \end{array} \right.$

Manganeso  $\left\{ \begin{array}{l} 5 \% \text{ para las chapas finas,} \\ 30 \% \text{ para las chapas gruesas.} \end{array} \right.$

Silicio { 55 % para las chapas finas,  
75 % para las chapas gruesas.

Níquel : del orden de un 30 %.

En soldadura por arco, las modificaciones pueden ser del mismo orden y dependen esencialmente de la naturaleza del revestimiento. Particularmente, se sabe, que los revestimientos que dan escoria ácida favorecen la oxidación del carbono o del manganeso.

A continuación damos la variación de la composición química del metal fundido, cuando la fusión es por arco, para tres tipos de metales de aportación revestidos (revestimiento neutro) o utilizados en alambre desnudo. Hay que hacer resaltar, que las concentraciones en azufre y fósforo del metal de aportación no varían después de la fusión; incluso a menudo se comprueba un aumento en el porcentaje de estas impurezas por razones que examinaremos en la tabla siguiente.

	C. %	Mn. %	Si %	P %	S %
Metal de aportación	0.068	0.41	0.025	0.035	0.021
Soldadura electrodo desnudo	indicios	indicios	0.010	0.031	0.017
Soldadura electrodo revestido	0.031	0.20	0.15	0.037	0.026
Metal de aportación	0.11	0.57	0.027	0.025	0.024
Soldadura electrodo desnudo	indicios	0.08	0.008	0.040	0.021
Soldadura electrodo revestido	0.09	0.51	0.21	0.030	0.020
Metal de aportación	0.74	0.77	0.024	0.038	0.020
Soldadura electrodo desnudo	0.20	0.43	0.020	0.043	0.018
Soldadura electrodo revestido	0.40	0.70	0.38	0.037	0.028

Tabla 3.2 Variación de la composición química del metal fundido

### 3.3.1.1.2 FIJACIÓN DE ELEMENTOS DE INFLUENCIA DESFAVORABLE.

Los elementos fijados pueden ser sólidos o gaseosos:

Elementos sólidos: carbono, fósforo, azufre.

Elementos gaseosos: oxígeno, nitrógeno, hidrógeno.

Estos elementos modifican: las propiedades globales o ciertas propiedades particulares, como las que caracterizan la capacidad de deformación.

En la soldadura por arco, el carbono puede provenir del revestimiento que encierra ferro-aleaciones carburadas. No obstante, para ciertas aplicaciones (recargues duros, cementación, etc.) se busca la incorporación de carbono por la llama o el arco y en este último procedimiento, se introduce, intencionadamente, grafito en el revestimiento.

En soldadura por arco, el aumento de fósforo y azufre se debe a las ferro-aleaciones y al óxido de hierro contenidos en el revestimiento.

### 3.3.1.2 ABSORCIÓN DE GAS POR EL METAL FUNDIDO

La absorción de los gases atmosféricos, oxígeno y nitrógeno, por el metal fundido, origina nuevas modificaciones químicas en la soldadura y ejerce una influencia desfavorable sobre las propiedades mecánicas.

A estos gases es preciso añadir el hidrógeno que se fija en condiciones particulares que examinaremos más adelante.

### 3.3.1.3 LAS TRANSFORMACIONES EUTÉCTICAS

La soldabilidad de un metal o de una aleación puede ser función de transformaciones de tipo eutéctico, es decir, la posibilidad de dar con un elemento, el eutéctico frágil.

El caso clásico es el del cobre que encierra oxígeno, el cual, incluso en pequeña concentración, provoca la formación del eutéctico Cu-Cu<sub>2</sub>O en las proximidades de la zona fundida y conduce a la fragilidad de la unión.

Así mismo, para el aluminio industrial, la presencia de hierro da lugar a la formación del eutéctico Al-Fe, pero esta transformación no tiene la misma importancia que la que se produce con el óxido de cobre.

#### 3.3.1.4 MODIFICACIONES ESTRUCTURALES DE LA ZONA FUNDIDA

Las modificaciones estructurales pueden agruparse en dos:

- Las que afectan a la célula o grano del metal, en una palabra, a su arquitectura interna. El estudio de esta estructura determina la forma, el tamaño y la orientación de los granos en la zona fundida y también en el metal de base hasta una cierta distancia.
- Las que intervienen en el cambio de estado físico-químico de los constituyentes del metal. Estas modificaciones, para un acero de composición química dada, son función directa del ciclo térmico impuesto por la fusión, que determina el poder de templado en soldadura.

Para estudiar el primer grupo de modificaciones, se elige un metal puro o una aleación de una sola fase; por ejemplo, un acero extra-dulce de ferrita pura. El tamaño, la forma y la orientación del grano de solidificación, van a depender entonces de la temperatura a la que se ha llevado el metal, del tiempo que se hayan mantenido a esta temperatura y de la velocidad de enfriamiento al atravesar las líneas de transformación.

En soldadura eléctrica por arco se procede en general por depósitos sucesivos de metal fundido de volumen muy pequeño con solidificación casi instantánea; como consecuencia la estructura del metal fundido es más alineada y acicular (estructura basáltica) éste es el aspecto centrado generalmente en las últimas pasadas o pasadas superiores de la soldadura por arco.

Si la operación lleva varias pasadas, la influencia térmica de las superiores normaliza las pasadas ya solidificadas, lo que conduce a un afinado de la estructura y a la formación de granos poliédricos ; es el aspecto generalmente encontrado en la parte central del metal fundido.

En la zona intermedia o zona de transición, la orientación de la cristalización es menos definida y a menudo queda destruida por el tratamiento térmico provocado por los depósitos sucesivos de la zona fundida.

### 3.3.2 METAL DE BASE

El metal de base sufre un tratamiento térmico variable en cada punto según el ciclo térmico impuesto por el procedimiento de soldadura. Este ciclo térmico estará influenciado, no solamente por el procedimiento de soldadura, sino también por el método de soldadura, las propiedades físicas del metal (conductibilidad) y el espesor de las chapas a unir.

En el caso de los aceros, el ciclo térmico puede provocar transformaciones de tipo estructural, provocando un agrandamiento exagerado de los granos, o de tipo físico-químico, como el temple, hasta una cierta distancia a ambas partes del eje de la soldadura.

En otros metales o aleaciones, podrán observarse fenómenos de precipitación como en los aceros austeníticos (precipitación de carburo de cromo) o en las aleaciones de aluminio ( $Mg_2Si$ ,  $CuAl_2$ ).

Por último podrán encontrarse transformaciones eutécticas en las proximidades de la zona fundida. Examinemos con más detalle el caso de los aceros.

#### 3.3.2.1 MODIFICACIONES ESTRUCTURALES EN EL METAL DE BASE

El agrandamiento de los granos en el metal de base, está ligado invariablemente al ciclo térmico de la soldadura, temperatura y velocidad de enfriamiento.

Para la soldadura por arco, la zona de agrandamiento de los granos está más localizada y sus dimensiones pasan por un máximo, en una zona muy próxima a los bordes, disminuyendo bruscamente en las capas próximas al chaflán. Este aspecto de la curva se debe a la normalización provocada en el metal de base por las sucesivas pasadas del depósito por arco.

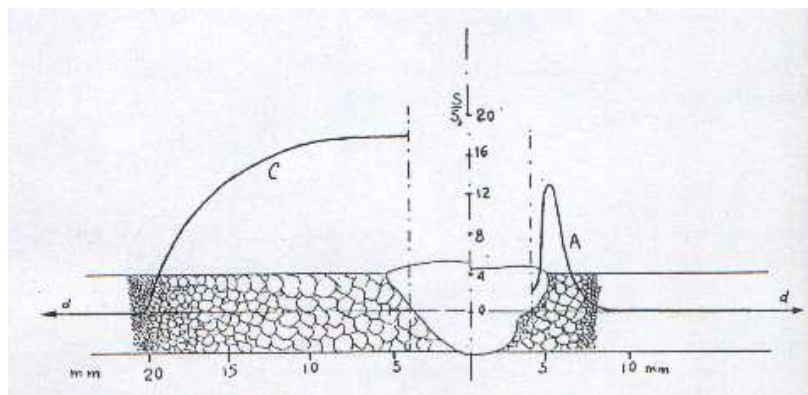


Figura 3.2 Influencia del ciclo térmico de soldadura sobre las dimensiones del grano del metal base

Curva C procedimiento oxiacetilénico

Curva A: Procedimiento eléctrico por arco

La figura da una idea clara de la influencia del ciclo térmico sobre las dimensiones de los granos en el caso de una soldadura oxiacetilénica.

### 3.4 PRECALENTAMIENTO Y TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR EN LAS UNIONES SOLDADAS

#### 3.4.1 FACTORES DE AGRIETAMIENTO

Se conoce que el precalentamiento, el cual consiste en aplicar determinada cantidad de calor a la pieza, previa o durante el desarrollo de los procesos de

soldadura, tiene una importancia vital en la disminución de la cantidad de grietas de la unión soldada.

En tiempos pasados la determinación de la cantidad de calor requerida para este procedimiento en la temperatura de precalentamiento, se calculaba de una manera empírica basada en recomendaciones experimentales. En la actualidad este parámetro se determina por métodos fundamentados científico-técnicamente. Estos métodos están establecidos en función de varios factores entre los cuales tenemos: composición química y espesor del metal base, diámetro y tipo de electrodo y el tipo de unión soldada.

En otro aspecto importante es que el electrodo influye muy especialmente por la energía calórica en la unidad de longitud, expresada en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V.I.60}{v}$$

Donde:

*Q = energía calórica por unidad de longitud (J/cm.).*

*V = voltaje (diferencia de potencial) (V).*

*I = intensidad de corriente (A.)*

*v = velocidad de avance de soldadura (cm./min).*

El efecto del procedimiento de calentamiento previo a la soldadura es la disminución de la velocidad de enfriamiento y la tendencia a la formación de estructuras de gran volumen específica que poseen gran dureza.

### 3.4.2 CARBONO EQUIVALENTE

Los elementos aleantes en los aceros tienen influencia sobre las propiedades de estos, muy especialmente en cuanto a su templabilidad, sin embargo el elemento que mas incide es el Carbono, por ello es evidente la relación directa

entre este elemento con las transformaciones estructurales y las propiedades mecánicas, antes y después de un proceso característicamente la soldadura.

El estudio de este comportamiento a llevado a crear un índice que permita cuantificarlo, así el Carbono equivalente [C] se define como la suma de las influencias cuantitativas de los diferentes elementos aleantes del acero en cuestión sobre la soldabilidad metalúrgica del mismo.

### 3.4.3 DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

Existen variados métodos para determinar la temperatura a la que es conveniente calentar los elementos a soldar previamente al proceso, pero basaremos nuestro estudio en uno en especial, el método de Seferian.

#### 3.4.3.1 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO POR EL METODO DE SEFERIAN

Seferian propone un método fundamentado en sus estudios en los que usa una fórmula para el carbono equivalente [C], que la plantea como la suma de un Carbono equivalente químico [C]<sub>q</sub>, el cual depende de la composición química del acero y de un Carbono equivalente del espesor [C]<sub>s</sub> o llamado también de Seferian, de tal forma tenemos la siguiente ecuación.

$$[C] = [C]_q + [C]_s$$

El Carbono equivalente químico [C]<sub>q</sub> determinado por Seferian se deduce bajo el principio de que dos aceros que tienen la misma temperatura de transformación de la martensita tienen el mismo poder de temple y, por lo tanto, la misma soldabilidad metalúrgica.

Se ha determinado que para los aceros al Carbono, cuyos contenidos de este elemento se encuentran comprendidos entre 0,1 y 1%, la variación de la



temperatura de transformación martensítica Ms es lineal y se expresa mediante la formula:

$$Ms = 550 - 360C$$

Por otro lado los elementos aleantes de los aceros influyen en la variación de la temperatura de transformación martensítica Ms, lo cual queda valorado en la fórmula siguiente en la que los coeficientes que multiplican a cada elemento para los aceros ligeramente aleados ferríticos en estado recocido.

$$Ms = 550 - [360C + 40(Mn + Cr) + 20Ni + 28Mo]$$

Partiendo del principio que dos aceros que tienen la misma temperatura de transformación de la martensita, tienen el mismo poder de temple, y por lo tanto, la misma soldabilidad metalúrgica, se puede igualar las ecuaciones Ms y despejar el Carbono equivalente químico en los aceros al Carbono, expresado de la siguiente forma:

$$[Ceq]_{quimico} = [%C] + \left[ \frac{(%Mn + \%Cr)}{9} \right] + \left[ \frac{\%Ni}{18} \right] + \left[ \frac{7\%Mo}{90} \right]$$

El Carbono equivalente del espesor [C]<sub>s</sub>, expresa la influencia que ejerce el espesor de la plancha en un material determinado en la conductividad térmica del cordón soldado y se expresa de la forma:

$$[C]_{Seferian} = 0,005 \cdot S [C]_q$$

Donde:

[C]<sub>Seferian</sub> = Carbono equivalente del espesor(%)

S = espesor de la pieza (mm.)

[C]<sub>q</sub> = carbono equivalente químico(%)

La expresión del Carbono equivalente total según la suma de las dos anteriores es:

$$[C] = [C]_q \cdot (1 + 0,005S)$$

Finalmente para obtener la temperatura de precalentamiento se aplica la formula desarrollada por Seferian y que se expresa de la siguiente manera:

$$T_p = 350\sqrt{[C]-0,25} \quad ^\circ\text{C}$$

### 3.5 ACERO

El principal producto siderúrgico es el acero, siendo aproximadamente el 90% de la producción acero al carbono y el 10%, acero aleado. Por lo tanto, el material metálico más importante para la industria es el acero al carbono. El acero al carbono es una aleación de composición química compleja. Además de hierro, cuyo contenido puede oscilar entre 97,0-99,5%-, hay en él muchos elementos cuya presencia se debe a los procesos de su producción (manganeso y silicio), a la dificultad de excluirlos totalmente del metal (azufre, fósforo, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno) o a circunstancias casuales (cromo, níquel, cobre y otros).

El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. Los aceros se clasifican teniendo en cuenta sus propiedades y utilización, en tres grandes grupos: aceros de construcción, aceros de herramientas y aceros inoxidable.

#### 3.5.1 CLASIFICACIÓN DE ACEROS ATENDIENDO AL PORCENTAJE DE CARBONO

Se denominan aceros hipoeutectoides a los aceros cuyo porcentaje de carbono es inferior al del punto S (eutectoide); eutectoides, si su porcentaje de carbono es igual al del punto S. Y se denominan hipereutectoides, si su porcentaje de carbono es superior al del punto S.

EL punto S corresponde para los aceros al carbono a un porcentaje de 0.89 por ciento de C, pero puede variar en los aceros aleados.

### 3.5.2 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS ATENDIENDO AL GRADO DE DESOXIDACIÓN

Los aceros calmados son los que se han desoxidado por completo y al solidificarse no desprenden gases.

Aceros efervescentes son los que se han desoxidado incompletamente y al solidificarse desprenden abundantes gases que producen numerosas sopladuras.

Como la capa exterior de los lingotes es de bajo contenido de carbono y de gran pureza, se obtiene después del laminado una superficie sin defectos que los hace particularmente aptos para la fabricación de chapa fina para neveras, carrocerías de automóviles, etc.

Estos aceros, sin embargo, son de características mecánicas inferiores a los aceros calmados y muy sensibles al envejecimiento, aumentando su fragilidad con el tiempo. Por todas estas razones, salvo para las aplicaciones específicas citadas, los aceros utilizados son del tipo calmado.

### 3.5.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS ATENDIENDO A SU CONSTITUCIÓN

También pueden clasificarse los aceros con arreglo a la constitución con que quedan después de enfriarse al aire tras un calentamiento a elevada temperatura.

se acostumbra a clasificarlos en aceros perlíticos, aceros martensíticos, aceros austeníticos, aceros ferríticos y aceros con carburos.

Los aceros perlíticos se caracterizan por estar constituidos a la temperatura ambiente después de un enfriamiento normal desde el estado austenítico, por

perlita y ferrita o perlita y cementita, según que su porcentaje de carbono sea inferior o superior al esteoide. Son los aceros que pudiéramos denominar normales. Pertenecen a este grupo los aceros al carbono y además los aceros de baja y media aleación.

Los aceros martensíticos quedan constituidos después del enfriamiento al aire desde su estado austenítico, en su mayor parte por martensita. En realidad, se trata de aceros perlíticos cuya velocidad de temple es muy lenta y, por tanto, quedan templados con enfriamiento al aire. Estos aceros se denominan también de autotemple. Pertenecen a este grupo los aceros al cromo-níquel, de 0.35% de C, 1% de Cr y 4% de Ni, y cromo-níquel-molibdeno, de 1% de C, 1.25% de Cr y 0.35% de Mo, y los inoxidable, de 0.30% de C y 30% de Cr.

Los aceros austeníticos son los que enfriados desde elevada temperatura, generalmente superior a 900°, quedan constituidos en su mayor parte por austenita a la temperatura ambiente. Como el hierro gamma de la austenita no es magnético, se reconoce fácilmente su estado austenítico porque no son atraídos por el imán.

Los aceros ferríticos son los que están formados principalmente por ferrita a cualquier temperatura. Es decir, que estos aceros no pueden templarse porque no alcanzan el estado austenítico por el calentamiento y, por tanto, el estado martensítico en el enfriamiento. Pertenecen a este grupo los aceros de bajo contenido de carbono, inferior a 0.30%, y elevado contenido de cromo, superior a 16%, y algunos aceros 3% o más de silicio.

Los aceros con carburos se caracterizan por contener un porcentaje de carburos de elementos de aleación muy superior al que se considera como normal en los aceros al carbono. La temperatura de temple de estos aceros es más elevada, en general de 950° a 1.300°C, para conseguir la disolución de los carburos. Pertenecen a este grupo los aceros rápidos, los aceros indeformables, etc.

#### 3.5.4 CLASIFICACION DE LOS ACEROS ATENDIENDO A SU COMPOSICIÓN

Elementos que pueden beneficiar al acero: Aluminio, boro, circonio, cobalto, cobre, cromo, fósforo, manganeso, molibdeno, niobio, níquel, nitrógeno, plomo, selenio, silicio, titanio, vanadio y wolframio.

Elementos que perjudican al acero: Antimonio, arsénico, estaño, hidrogeno, oxígeno y azufre.

### 3.5.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DESIGNACION DE LOS ACEROS COMUNES

Existen dos formas de identificar los aceros: la primera es a través de su composición química, por ejemplo utilizando la norma AISI:

Sirve para relacionar la composición química y las propiedades mecánicas de los aceros.

#### 3.5.5.1 ACEROS AL CARBONO

Están constituidos en su mayoría por aleaciones complejas, teniendo como constituyentes fundamentales, además del hierro carbono, también el silicio y el manganeso, y como impurezas el fósforo, el azufre y el cobre, etc.

Estos aceros forman la gran masa de los aceros empleados en la industria y, según el contenido de carbono se subdividen a su vez en:

Aceros extradulces	% C < 0.15
dulces	% C = 0.15-0.30
semiduros	% C = 0.30-0.45
duros	% C = 0.45-0.65
extraduros	% C = 0.65-1.70

Tabla 3.4 tabla de aceros al Carbono

El carbono es el elemento de cual dependen en gran parte la estructura de la aleación y, según las posibilidades de tratamiento térmico, las características mecánicas del producto.

### 3.5.6 ACEROS NORMA SAE AISI

Como la microestructura del acero determina la mayoría de sus propiedades y aquella está determinada por el tratamiento y la composición química; uno de los sistemas más generalizados en la nomenclatura de los aceros es el que está basado en su composición química.

En el sistema S.A.E. - A.I.S.I, los aceros se clasifican con cuatro dígitos XXXX. Los primeros dos números se refieren a los dos elementos de aleación mas importantes y los dos o tres últimos dígitos dan la cantidad de carbono presente en la aleación. Un acero 1040 AISI es un acero con 0.4%C; un acero 4340 AISI, es un acero aleado que contiene 0.4%C, el 43 indica la presencia de otros elementos aleantes.

Las convenciones para el primer dígito son:

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>1 - MANGANESO</li><li>2 - NIQUEL</li><li>3 - NIQUEL-CROMO, principal aleante el cromo</li><li>4 - MOLIBDENO</li><li>5 - CROMO</li><li>6 - CROMO-VANADIO, principal aleante el cromo</li><li>8 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el molibdeno</li><li>9 - NIQUEL-CROMO-MOLIBDENO, principal aleante el níquel.</li></ul> |
|---|

Tabla 3.5 Designación de dígito para elementos aleantes

No hay aceros numerados 7xxx porque estos aceros resistentes al calor prácticamente no se fabrican.

Se observa entonces que si el primer número es 1 se sabe que es un acero al carbono; si el dígito siguiente es el 0, o sea que la designación es 10xx, se trata de un acero ordinario al carbono.

### 3.5.7 INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LAS PROPIEDADES DE LOS ACEROS

#### Níquel

Una de las ventajas más grandes que reporta el empleo del níquel, es evitar el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos, lo que sirve para producir en ellos gran tenacidad. El níquel además hace descender los puntos críticos y por ello los tratamientos pueden hacerse a temperaturas ligeramente más bajas que la que corresponde a los aceros ordinarios.

Experimentalmente se observa que con los aceros aleados con níquel se obtiene para una misma dureza, un límite de elasticidad ligeramente más elevado y mayores alargamientos y resistencias que con los aceros al carbono o de baja aleación.

#### Cromo

Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, usándose indistintamente en los aceros de construcción, en los de herramientas, en los inoxidable y los de resistencia en caliente. Se emplea en cantidades diversas desde 0.30 a 30, según los casos y sirve para aumentar la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros, mejora la templabilidad, impide las deformaciones en el temple, aumenta la resistencia al desgaste, la inoxidable, etc.

#### Molibdeno

Mejora notablemente la resistencia a la tracción, la templabilidad y la resistencia al creep de los aceros. Añadiendo solo pequeñas cantidades de molibdeno a los aceros cromo-níqueles, se disminuye o elimina casi completamente la fragilidad Krupp, que se presenta cuando estos aceros son revenidos en la zona de 450° a 550°. El molibdeno a aumenta también la resistencia de los aceros en caliente y reemplaza al wolframio en la fabricación

de los aceros rápidos, pudiéndose emplear para las mismas aplicaciones aproximadamente una parte de molibdeno por cada dos de wolframio. El molibdeno se disuelve en la ferrita, pero tiene una fuerte tendencia a formar carburos. Es un potente estabilizador de los carburos complejos y tiende a retarde el ablandamiento de los aceros, durante el revenido.

#### Wolframio (tungsteno)

Es un elemento muy utilizado para la fabricación de aceros de herramientas, empleándose en especial en los aceros rápidos, aceros para herramientas de corte y aceros para trabajos en caliente. Sirve para mantener la dureza de los aceros a elevada temperatura y evitan que se desafilen o ablanden las herramientas, aunque lleguen a calentarse a 500° o 600°. También se usa para la fabricación de aceros para imanes.

El wolframio se disuelve ligeramente en la ferrita y tiene una gran tendencia a formar carburos. Los carburos de wolframio tienen gran estabilidad.

#### Vanadio

Se emplea principalmente para la fabricación de aceros de herramientas, tiende a afinar el grano y a disminuir la templabilidad. Es un elemento desoxidante muy fuerte y tiene una gran tendencia a formar carburos. El vanadio tiene una gran tendencia muy fuerte a formar carburos, por esta razón, basta con añadir pequeñas cantidades, y pocos aceros, excepto los de herramientas, contienen más de 0.02% de vanadio. Una característica de los aceros con vanadio, es su gran resistencia al ablandamiento por revenido.

#### Manganeso:

Aparece prácticamente en todos los aceros, debido, principalmente, a que se añade como elemento de adición para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido en los hornos durante los procesos de fabricación. El manganeso actúa también como desoxidante y evita, en parte, que en la solidificación del acero que se desprendan gases que den lugar a porosidades perjudiciales en el material.

#### Silicio

Este elemento aparece en todos los aceros, lo mismo que el manganeso, porque se añade intencionadamente durante el proceso de fabricación. Se



emplea como elemento desoxidante complementario del manganeso con objeto de evitar que aparezcan en el acero los poros y otros defectos internos. Los aceros pueden tener porcentajes variables de 0.20 a 0.34% de Si. Se emplean aceros de 1 a 4.5% de Si y bajo porcentaje de carbono para la fabricación de chapas magnéticas, ya que esos aceros, en presencia de campos magnéticos variables, dan lugar solo a pérdidas magnéticas muy pequeñas, debido a que el silicio aumenta mucho su resistividad. Mejora ligeramente la templabilidad y la resistencia de los aceros a disminuir la tenacidad, y en ciertos casos mejora también su resistencia a la oxidación.

### Cobalto

Se emplea casi exclusivamente en los aceros rápidos de más alta calidad. Este elemento al ser incorporado en los aceros, se combina con la ferrita, aumentando su dureza y su resistencia. Es uno de los pocos elementos aleados que mueva el punto eutectoide hacia la derecha y reduce la templabilidad de los aceros. \_El cobalto se suele emplear en los aceros rápidos al wolframio de máxima calidad en porcentajes variables de 3 a 10%.

### Titanio

Se suele añadir pequeñas cantidades de titanio a algunos aceros muy especiales para desoxidar y afinar el grano. El titanio tiene gran tendencia a formar carburos y a combinarse con el nitrógeno. En los aceros inoxidable cromo-níquel, actúa como estabilizador de los carburos y evita la corrosión intercrystalina.

## CAPITULO IV

### 4 CÁLCULO DEL RÉGIMEN DE SOLDADURA PARA PROCESO SMAW MEDIANTE EL SOFTWARE DE SOLDADURA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación WPS es un programa ejecutable, que permite desarrollar una hoja de procedimiento de soldadura para el proceso SMAW, a partir de los parámetros fundamentales que afectan la calidad de la soldadura.

El programa busca automatizar el cálculo de las variables que afectan la calidad de la soldadura SMAW, todo esto conjugado con recomendaciones dadas por conocimientos tanto empíricos como técnicos.

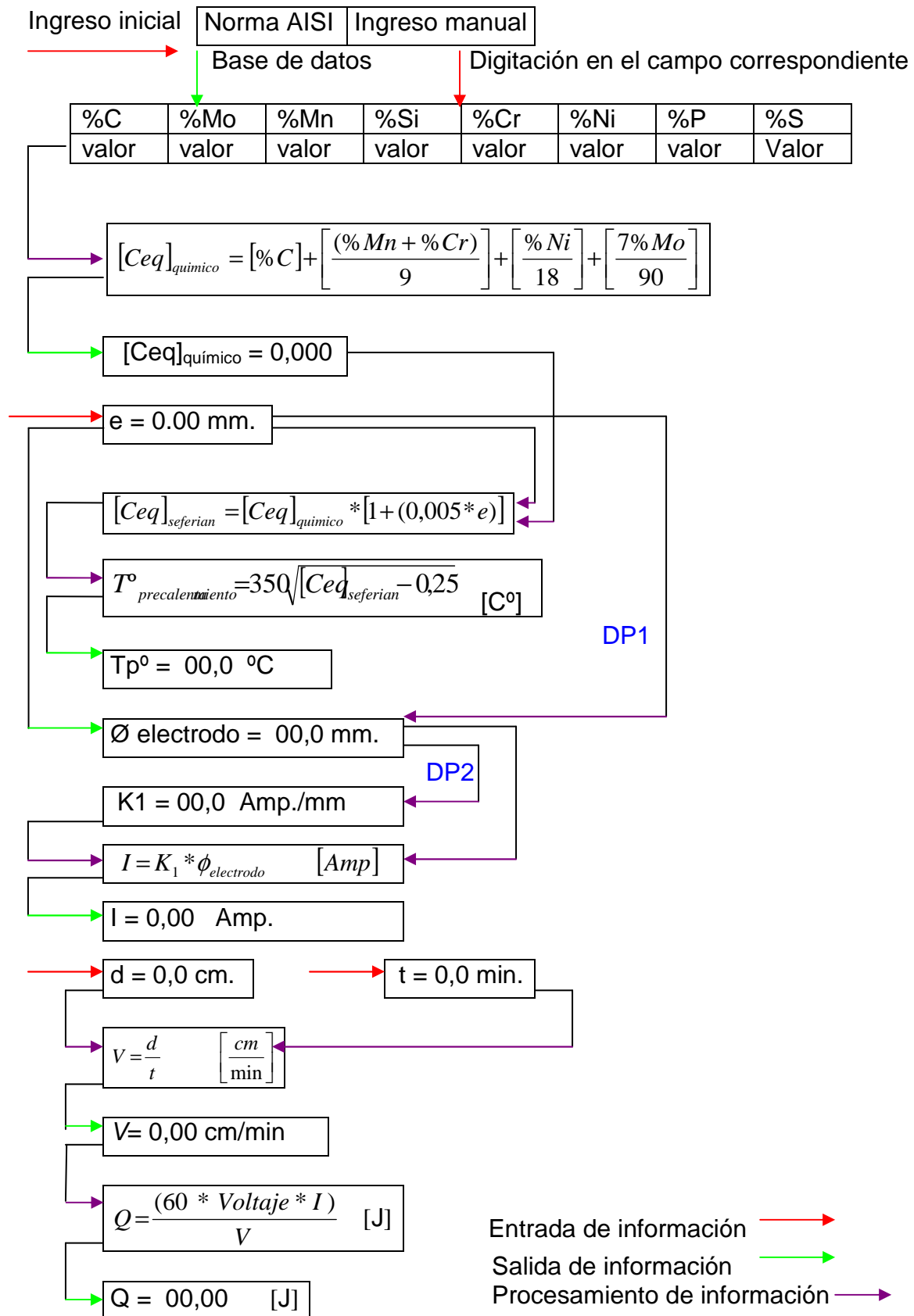
Las opciones básicas del software son:

- El desarrollo automatizado de una Welding Procedure specifications (WPS) u Hoja de Procedimiento de Soldadura bajo el proceso SMAW para aceros aleados y al Carbono.
- La obtención de información y datos importantes acerca de aceros, electrodos y parámetros de soldadura
- La visualización de los diferentes tipos de geometría de la junta soldada
- El ingreso directo de parámetros que definan el procedimiento de soldadura
- La identificación de las wps` creadas y por lo tanto su registro

#### 4.2 DISEÑO DEL SOFTWARE

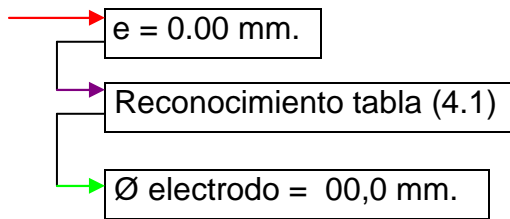
El diseño del software se basa en el procesamiento de datos a partir de flujos de información es decir, datos de ingreso que se convierten en requisitos de cálculo, base de datos, reconocimiento de dominios y datos de salida.

#### 4.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS PARA CÁLCULO DE INFORMACIÓN



#### 4.2.2 DIAGRAMA DE PROCESO 1 (DP1)

##### Cálculo del diámetro del electrodo



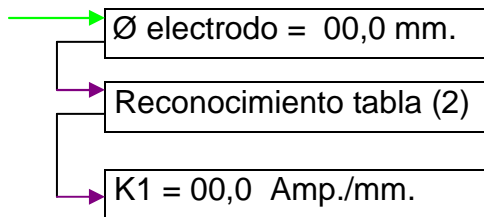
1 – 2	1,5 – 2
3	3
4 – 5	3 – 4
6 – 12	4 – 5
> 13	6 – 12

Tabla 4.1 Diámetro del electrodo en función del espesor (mm.)

#### 4.2.3 DIAGRAMA DE PROCESO 2

##### Cálculo del parámetro K1 (Amp./mm.) (DP2)

Requisito para el cálculo de la intensidad de corriente

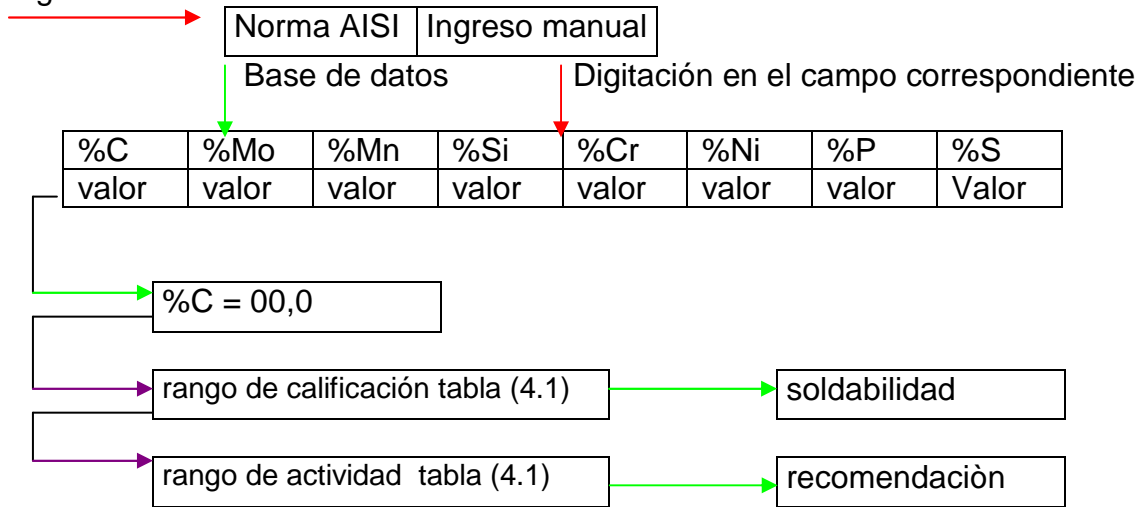


1 – 2	20 – 30
3 - 4	30 – 45
5 - 6	45 – 60

Tabla 4.2 K1 en función del diámetro del electrodo

#### 4.2.4 DIAGRAMA DE CALIFICACIÓN DE SOLDABILIDAD

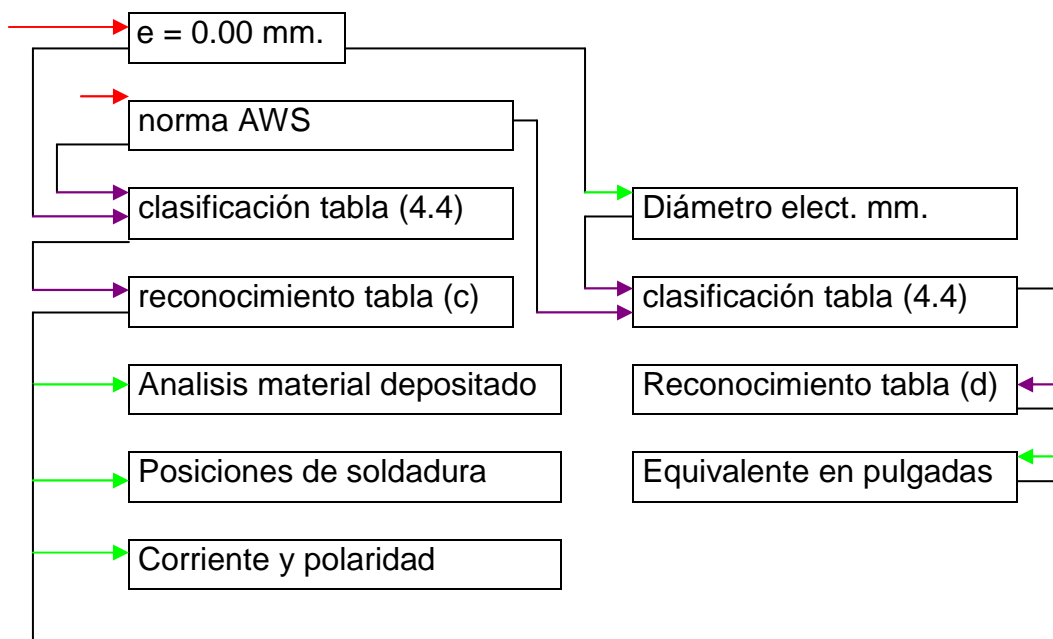
Ingreso inicial.



$\%C \leq 0,25 \leq$	Buena Soldabilidad	
$0,25 \leq \%C \leq 0,55$	Soldabilidad Regular	<b>Pre calentamiento</b>
<b><math>0,55 \leq \%C \leq 1\% C</math></b>	<b>Soldabilidad Limitada</b>	<b>Pre calentamiento Y Tratamiento Térmico Pos-soldadura</b>

Tabla 4.3 Rango de soldabilidad en función del contenido de C

#### 4.2.5 DIAGRAMA DE SELECCIÓN DE TIPO DE ELECTRODO



→ Simbología

← Intensidad de corriente

electrodo	Tabla 4.5	Tabla electrodo
E 6010	c1	Tabla 4.6
E 6013	c2	Tabla 4.7
E 7018	c3	Tabla 4.8
E 6011	c4	Tabla 4.9

Tabla 4.4 Distribución de electrodos para las tablas 4.5 y 4.6

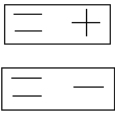
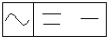
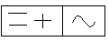
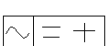
	%C	%Mn	%Si			
C1	0.12	0.6	0.25	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente	CC electrodo conectado al polo positivo(relleno) CC electrodo conectado al polo negativo(raiz)	
C2	0.09	0.5	0.3	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente	preferiblemente CC, CC electrodo conectado al polo negativo	
C3	0.08	1.0	0.6	Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente	preferiblemente CC, electrodo conectado al polo Positivo, CA	
C4	<b>0.08-0.12%</b>	<b>0.4-0.6%</b>	<b>0.25%</b>	<b>Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente</b>	<b>preferiblemente CC, CC electrodo conectado al polo positivo</b>	

Tabla 4.5 Base de datos referente a electrodos

diámetro	1/8" o 3.22 mm.	5/32" o 4 mm.
Amp.	80 -120	110-150

Tabla 4.6 Base de datos E 6010

mm.	pulg	Amperaje
2.5	3/32	60-85
3.2	1/8	90-130
4.0	5/32	140-180
5.0	3/16	180-240

Tabla 4.7 Base de datos E 6013

mm.	pulg.	Amperaje
3.2	1/8	100-140
4.0	5/32	140-190
5.0	3/16	190-250

Tabla 4.8 Base de datos E 7018

mm.	pulg.	Amperaje
2.5	3/32	70-90
3.2	1/8	90-120
4.0	5/32	120-150
5.0	3/16	150-180

Tabla 4.9 Base de datos E 6011

### 4.3 INTERFACES

#### 4.3.1 INTERFACES DEL SISTEMA

El software wps es un sistema totalmente autónomo e independiente desarrollado en su totalidad bajo la plataforma Windows. La interfaz gráfica de usuario está desarrollada para ser utilizada como una aplicación Windows (Windows Application), la base de datos a ser utilizada será Microsoft Access 2003.

#### 4.3.2 INTERFACES DE USUARIO

La interacción visual en pantalla estará basada en:

- Ingreso de información a través de formularios típicos de Windows.

-Salida de información requerida por el usuario mediante formularios típicos de Windows.

-Botones básicos para la ejecución de procesos de ingreso o salida de datos.

Las entradas de usuario se realizarán mediante el teclado o ratón como el resto de aplicaciones que trabajan bajo Windows.

#### 4.3.3 INTERFACES DE HARDWARE

Las características mínimas del computador que será utilizado para ejecutar la aplicación serán:

-Procesador Pentium IV de 1.7 GHz.

-Memoria RAM de 512 MB.

-Espacio disponible en disco duro de 1 GB.

-Adaptador y monitor de vídeo Súper VGA (800 × 600) o de mayor resolución.

-Teclado y Mouse.

#### 4.3.4 INTERFACES DEL SOFTWARE

El sistema que se está describiendo será desarrollado bajo el sistema operativo Windows XP Professional por lo que se recomienda la utilización de éste para su ejecución. El equipo a ser utilizado para ejecutar wps deberá contar con el siguiente software necesario para la ejecución de la aplicación:



-Sistema Operativo Windows XP Professional o superior.

-Microsoft .NET Framework 2.0 o superior.

-Microsoft Access Components 2.8.

#### 4.3.5 CARACTERÍSTICAS DE USUARIOS

Se considera como usuario de wps a la persona encargada de proporcionar entradas al sistema, dicha persona debe poseer conocimiento del medio y manejo de la aplicación.

#### 4.3.6 REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA

El sistema será desarrollado para que trabaje bajo la plataforma Windows. El número mínimo de ordenadores necesarios para la ejecución de la aplicación es de uno, el mismo que deberá cumplir con los requerimientos mínimos sugeridos tanto de software como de hardware.

#### 4.3.7 RESTRICCIONES DE DISEÑO

##### 4.3.7.1 LIMITACIONES DE HARDWARE

Las limitaciones de hardware de la aplicación son las mismas limitaciones que posee Windows XP Professional, Microsoft .NET Framework 2.0 y Microsoft Access Components 2.8.

## 4.3.8 ATRIBUTOS

### 4.3.8.1 SEGURIDAD

El producto está sujeto a las normas de seguridad que ofrece el propio sistema operativo.

### 4.3.8.2 MANTENIMIENTO

La utilización del sistema está enfocada a países de habla hispana por lo que serán innecesarios recursos para un cambio de idioma.

Con respecto a las instalaciones y reinstalaciones, serán de una manera sencilla y rápida, reduciendo así el personal de mantenimiento del sistema.

## 4.3.9 IMPLEMENTACIÓN

Con la finalidad de dar una idea más completa de todas las funcionales logradas, se mostrará un diagrama de flujo y un flujo de trabajo.

La presentación de estos diagramas permite visualizar fácilmente la potencialidad completa del sistema.

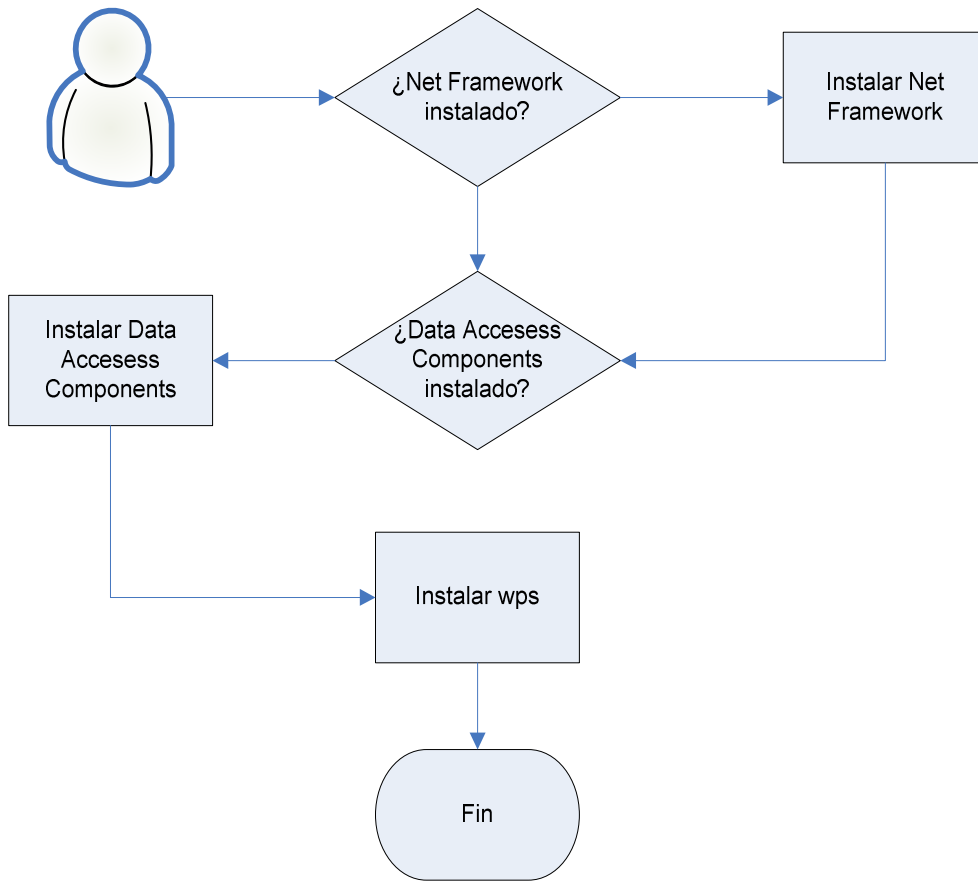


Figura 4.1 Diagrama de flujo de componentes esenciales

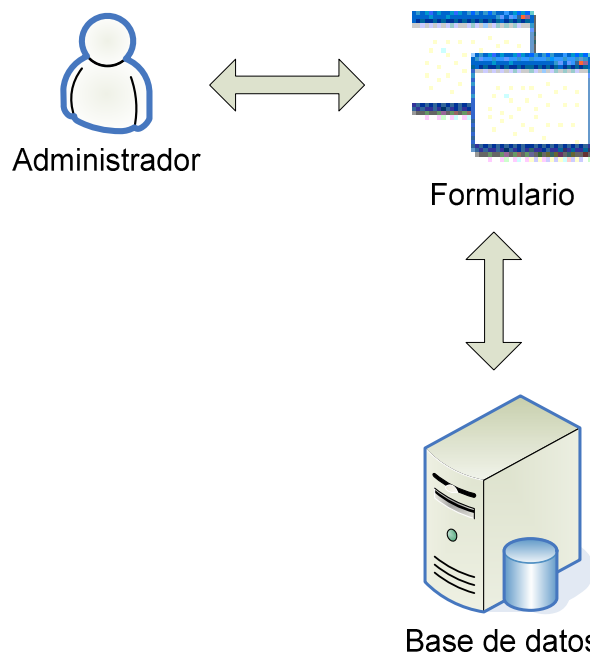


Figura 4.2 Esquema de la solución de la aplicación de Workflow

## 4.4 MANUAL DEL SOFTWARE

### 4.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

El programa WPS pretende ser una herramienta útil tanto dentro del campo productivo como en el campo académico para elaborar de una manera eficaz hojas de procedimiento de soldadura. Para ello dentro de su diseño se ha considerado el manejo claro y explícito de la información requerida así como la objetividad de los datos que proporciona como resultado.

La aplicación consta de tres unidades, ocho secciones y sesenta y siete campos entre los cuales tenemos campos de ingreso de datos, campos de resultado, campos de selección, campos de carga de archivos y campos de datos por defecto.

Por el diseño propio del software se le ha dividido en tres unidades la primera llamada "Cálculo", en la cual se encuentran los campos de ingreso de datos que permiten el procesamiento de información, así como los resultados. Además la sección de identificación.

**wps**

Cálculo | Resumen - geometría | Acerca de...

**Identificación**

wps Número de registro:  Revisión:  Calificador para:

Fecha: 21/02/2007  Nombre compañía:

PQR de soporte:

Docs. referencia:

**Material base**

Tipo Acero:

	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo
Comp. Química:	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>
Ceq (Químico):	<input type="text" value="0,00"/>							
Espesor:	<input type="text" value=""/> mm							
T. de precalentamiento:	<input type="text" value=""/> °C				Ceq (seferian): <input type="text" value=""/>			
	<input type="text" value="0,00"/>				Recomendación: <input type="text" value="Buena soldabilidad."/>			

**Parámetros**

Diámetro elect.:  mm Intensidad calculada:  Amp

Distancia:  mm Tiempo:  seg

Velocidad:  mm/seg Calor ent. (Q):  J

**Electrodos**

Norma AWS:

Análisis material depositado: C  Mn  Si

Intensidad recomendada catálogo:  mm  pulg  Amp

Posiciones:

Corriente y polaridad:

CC electrodo conectado al polo positivo (relleno), CC electrodo conectado al polo negativo (raíz).

Figura 4.3 Unidad uno del software de soldadura

La segunda unidad llamada “Resumen-Geometría”, en la que constan los principales parámetros y variables calculadas para el proceso de soldadura así como también el formulario para ingreso de las especificaciones que permitan la correcta interpretación acerca de la geometría de la junta. Conjuntamente se agrego una sección para la descripción del tratamiento térmico pos-soldadura que eventualmente se decida ejecutar.

The screenshot shows the 'wps' software window with the following sections and fields:

- Procedimiento de Soldadura:**
  - Proceso de soldadura: SMAW
  - Tipo: Manual
  - Temperatura de precalent: [ ] °C
  - Velocidad de soldadura: [ ] mm/seg
  - Intensidad: Otra [v] Amp
  - Notas: [ ]
  - Número de pasadas: [ ]
  - Voltaje: 20
  - Soldabilidad: Buena soldabilidad.
  - Recomendación: [ ]
- Junta:**
  - A 2x3 grid of checkboxes for joint configuration. The top-left checkbox is checked.
- Geometría de la junta:**
  - Three rows of input fields for joint geometry.
- Tratamiento térmico pos - soldadura:**
  - Temperatura: [ ] °C
  - Tratamiento: [ ]
  - Tiempo: [ ] hrs
  - Notas: [ ]
  - Método enfriamiento: [ ]
  - Medio: [ ]
  - Buttons for file operations (document and printer icons).


Figura 4.4 Unidad dos del software de soldadura

Las unidades están divididas a su vez en secciones que permiten identificar la naturaleza de la información dentro de ellas, así tenemos dentro de la primera unidad las secciones de identificación, material base, parámetros y electrodos. En la segunda unidad las secciones; procedimiento de soldadura, junta, geometría de la junta y tratamiento térmico pos-soldadura.

#### 4.4.2 CAMPOS PARA DATOS

Campos son los espacios en los cuales se genera la interacción de la información tanto de entrada como de salida, existen sesenta y siete campos dentro del software los cuales son de diferentes tipos, hay campos de ingreso de datos, campos de resultado, campos de selección, campos de carga de archivos y campos de datos por defecto.

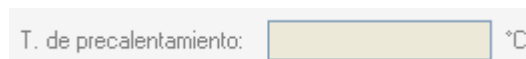
Los campos de ingreso de datos están identificados de color blanco, en ellos se requiere la digitación del dato que solicita el programa.



A screenshot of a data input field. The label "Espesor:" is on the left. To its right is a white rectangular text box with a thin blue border. To the right of the text box is the unit "mm".

Figura 4.5 Campo de ingreso de dato

Los campos de resultado se reconocen como un recuadro de fondo gris, en los que se genera la información de salida a partir del procesamiento de datos.



A screenshot of a result field. The label "T. de precalentamiento:" is on the left. To its right is a rectangular box with a light grey background and a thin blue border. To the right of the box is the unit "°C".

Figura 4.6 Campo de información de salida

Los campos de selección tienen como característica la pestaña que despliega las opciones de selección para el dato requerido.



A screenshot of a selection field. The label "Norma AWS:" is on the left. To its right is a dropdown menu with a white background and a blue border. The selected option is "E 6010" and there is a small blue downward arrow on the right side of the menu.

Figura 4.7 Campo de selección

Los campos de carga de archivos son básicamente los que constituyen la sección “Junta” de la unidad dos, en ellos se carga desde una carpeta adjunta al software las imágenes de las diferentes juntas.

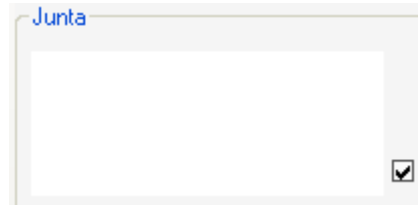


Figura 4.8 Campo de carga de archivo grafico

Y finalmente los campos por defecto son los espacios que no se los puede editar que contienen información considerada constante.



Figura 4.9 Campo por defecto

### 4.4.3 SECCIONES DE INFORMACION

#### 4.4.3.1 IDENTIFICACIÓN HOJA WPS (WELDING PROCEDURE SHIELD)

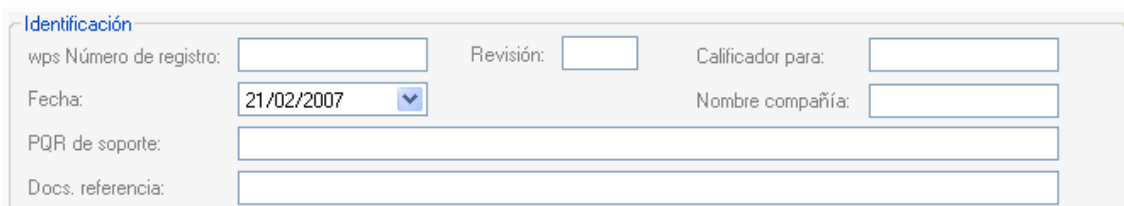
A screenshot of a software form titled "Identificación". The form has a light gray border and a white background. It contains several input fields: "wps Número de registro:" with a text box, "Revisión:" with a text box, "Calificador para:" with a text box, "Fecha:" with a dropdown menu showing "21/02/2007", "Nombre compañía:" with a text box, "PQR de soporte:" with a text box, and "Docs. referencia:" with a text box.

Figura 4.10 Sección de identificación

Esta primera sección de la aplicación, consta de siete campos de ingreso directo para información de texto en los cuales constan respectivamente datos



referentes a la identidad de la hoja de procedimiento de soldadura; estas referencias son:

Campo 1.1 wps Numero de registro: se ingresa la tipificación con la cual se identifica cada hoja, puede ser código numeral, texto o mixto.

Campo 1.2 Revisión: si la hoja es una revisión de una creada anteriormente, o en su caso numero de edición. El ingreso de información es texto o numero.

Campo 1.3 Calificado para: este espacio se llena en el caso que se proceda bajo una norma establecida.

Campo 1.4 Fecha: carga de manera automática la fecha actual o permite editar la fecha para una posible revisión de wps.

Campo 1.5 Nombre de la compañía: Este campo sirve para ingresar el nombre de la empresa o institución para la cual se realiza la wps.

Campo 1.6 PQR de soporte: de existir un reporte de calificación de procedimiento de soldadura se ingresa en este campo la identificación de dicho documento

Campo 1.7 Docs. de referencia: Este campo es opcional y permite la entrada del registro o identificación de un documento que sea necesario especificar dentro de la wps, tales como planos, especificaciones técnicas, normas etc.

#### 4.4.3.2 MATERIAL BASE

Esta sección se basa en la composición química de los distintos tipos de aceros al Carbono y aleados, y a partir de aquello el cálculo automatizado del coeficiente equivalente químico, con lo cual se obtiene el coeficiente equivalente de Seferian adicionalmente el ingreso del espesor de las placas a

soldar en mm. Para que el programa nos devuelva la temperatura de precalentamiento recomendada para una optima soldadura.

The screenshot shows a software interface titled "Material base". It contains several input fields and a dropdown menu:

- Tipo Acero:** A dropdown menu with "Ingreso manual" selected.
- Comp. Química:** A row of eight input boxes for elements C, Mn, P, S, Si, Ni, Cr, and Mo, each containing the value "0,00".
- Ceq (Químico):** An input box containing "0,00".
- Espesor:** An input box with a decimal point and a unit label "mm".
- T. de precalentamiento:** An input box containing "0,00" and a unit label "°C".
- Ceq (seferian):** An empty input box.
- Recomendación:** An empty input box.
- Output field:** A box containing the text "Buena soldabilidad."

Figura 4.11 Sección Material Base

Campo 2.1 Tipo de acero; Permite el ingreso de los porcentajes de composición química de los distintos elementos o bien la selección de un acero según la norma AISI.

Campos 2.2 al 2.9 Composición química; Cada uno de estos espacios, si la opción elegida fue ingreso manual en el campo 2.1, permiten digitar directamente en cada elemento el porcentaje de composición química del acero correspondiente disponiendo de esta información los tipo. En cambio si en el campo 2.1 se elige uno de los aceros en la norma AISI, automáticamente se cargará en estos espacios respectivos la información de salida por parte del programa acerca de las composiciones químicas del acero.

Campo 2.10 Ceq(quimico); Este espacio exclusivamente muestra la información de salida del coeficiente equivalente quimico del tipo de acero ingresado, por medio del calculo programado en el software

Campo 2.11 Espesor; Este sitio requiere la digitación directa del dato de espesor de las placas a ser soldadas en milímetros.

Campo 2.12 T. de precalentamiento; Devuelve tras el procesamiento de datos ingresados la temperatura calculada con la que se recomienda realizar el

precalentamiento de los elementos a ser soldados, la unidad de esta magnitud es grados centígrados.

Campo 2.13 Ceq(Seferian); Este dato es prerequisite para el cálculo de la temperatura de precalentamiento, pero es importante como información adicional, por ello en este campo se muestra automáticamente su resultado.

Campo 2.14 %C; A partir del porcentaje de Carbono que contenga el acero designado, este campo lo reconoce inmediatamente y lo evalúa para clasificarlo dentro de un rango cuyos resultados se desplegaran en los campos subsiguientes.

Campo 2.15 Soldabilidad; Genera el resultado de la evaluación programada, calificando al acero ingresado, dentro de un rango de soldabilidad que le corresponda como son; buena soldabilidad, soldabilidad regular y soldabilidad limitada, información que permite prever la dificultad que presente el proceso de soldadura.

Campo 2.16 Recomendación; Este campo muestra desde una base de datos, la recomendación en cuanto a parámetros adicionales que permitirían un mejor resultado en la calidad de la unión soldada en función a la dificultad y resistencia al proceso que presente el acero seleccionado

#### 4.4.3.3 PARÁMETROS

Esta sección está diseñada para agilizar la información acerca de los parámetros del proceso de soldadura, las variables de ingreso son de tipo cuantitativo, de fácil manejo y disponibilidad práctica. Tanto los datos de entrada como los de salida constan de las unidades correspondientes para evitar errores e interpretaciones erróneas.

Parámetros					
Diámetro elect.:	<input type="text"/>	mm	Intensidad calculada:	<input type="text"/>	Amp
Distancia:	<input type="text"/>	mm	Tiempo:	<input type="text"/>	seg
Velocidad:	<input type="text"/>	mm/seg	Calor ent. (Q):	<input type="text"/>	J

Figura 4.12 Sección Parámetros

Campo 3.1 Diámetro elect.; La programación del software desarrolla en este espacio el resultado del cálculo referente al diámetro del electrodo.

Campo 3.2 Intensidad calculada: El cómputo interno genera dentro de este campo de salida la intensidad de corriente calculada para el proceso de soldadura.

Campo 3.3 Distancia: En este sitio se solicita la digitación del informe acerca de la magnitud del cordón de soldadura, cuya unidad esté dada en centímetros.

Campo 3.4 Tiempo; Área destinada al ingreso del tiempo precisado para la ejecución del cordón de soldadura la unidad de ingreso es minutos.

Campo 3.5 Velocidad; Este sitio devuelve de manera automatizada el informe del calculo referente a la velocidad de avance en el proceso de soldadura.

Campo 3.6 Calor ent.(Q) De la misma manera que en el campo 3.5, este espacio genera el dato de calor entregado (Q) en la zona afectada en Joules.

#### 4.4.3.4 ELECTRODOS

Campo 4.1 Norma AWS: Este campo de selección permite elegir un tipo de electrodo clasificado por la norma AWS.

**Electrodos**

Norma AWS:  ▼

Análisis material depositado: C  Mn  Si

Intensidad recomendada catálogo:  mm  pulg  Amp

Posiciones:

Corriente y polaridad:

CC electrodo conectado al polo positivo (relleno), CC electrodo conectado al polo negativo (raíz).

Figura 4.13 Sección Electrodo

(Análisis material depositado)

Campo 4.2 C: Muestra el porcentaje del elemento Carbono en el material depositado en el cordón de soldadura.

Campo 4.3 Mn: Muestra el porcentaje del elemento Manganeso en el material depositado en el cordón de soldadura.

Campo 4.4 Si: Muestra el porcentaje del elemento Silicio en el material depositado en el cordón de soldadura.

(Intensidad recomendada catalogo)

Campo 4.5: El programa reconoce el dato de diámetro del electrodo desde el campo 2.11 y lo reproduce en este espacio para la visualización y análisis con los resultados posteriores.

Campo 4.6: Este espacio genera a partir del cómputo el equivalente de la medida correspondiente al diámetro del electrodo en pulgadas.

Campo 4.7: Aquí se muestra la intensidad de corriente recomendada para ejecutar el procedimiento de soldadura.

Campo 4.8 Posiciones: Desde la base de datos y en función del tipo de electrodo seleccionado, se despliegan en esta área las posiciones de soldadura en las que es factible el proceso de soldadura

Campo 4.9 Corriente y polaridad: De igual manera se muestra la recomendación del tipo de corriente y polaridad que permita resultados óptimos en el proceso.

#### 4.4.3.5 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Campo 5.1 Procedimiento de Soldadura: Este campo contiene el dato SMAW por defecto no se permite la edición.

Campo 5.2 Tipo: Tiene la misma naturaleza del espacio anterior, pues el procedimiento no es variable, soldadura SMAW manual.

Campo 5.3 Temperatura de precalentamiento; En este espacio se genera el reporte de la temperatura de precalentamiento calculada y recomendada para su ejecución.

The image shows a software interface for 'Procedimiento de Soldadura'. It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are arranged in two columns. The left column includes: 'Proceso de soldadura:' with the value 'SMAW'; 'Tipo:' with the value 'Manual'; 'Temperatura de precalent:' with an empty text box and a '°C' unit; 'Velocidad de soldadura:' with an empty text box and a 'mm/seg' unit; 'Intensidad:' with a dropdown menu showing 'Otra' and a 'Amp' unit; and 'Notas:' with a large empty text area. The right column includes: 'Número de pasadas:' with an empty text box; 'Voltaje:' with a text box containing the value '20'; 'Soldabilidad:' with a text box containing the value 'Buena soldabilidad.'; and 'Recomendación:' with an empty text box.

Figura 4.14 Sección Procedimiento de soldadura

Campo 5.4 Velocidad de soldadura: En esta área se reproduce el informe de la velocidad de avance se soldadura del cálculo previo.

Campo 5.5 Intensidad: Permite la selección entre la intensidad de corriente calculada, la intensidad de corriente recomendada, y la opción de ingresar una independiente.

Campo 5.6 Numero de pasadas: Este dato es importante, y se refiere al número de pasadas que se debe realizar en una junta para que cumpla la función a la cual fue diseñada. Su digitación es directa en el campo designado.

Campo 5.7 Voltaje: Genera el valor de voltaje con el que se realiza el procedimiento de soldadura en voltios.

Campo 5.8 Soldabilidad: Muestra el resultado de la calificación del acero en función de su contenido de Carbono, en cuanto a su propiedad de soldabilidad.

Campo 5.9 Recomendación: Este espacio refiere la recomendación a partir de la característica de cada acero relativo a su soldabilidad. Esta recomendación se basa en actividades previas y posteriores al proceso de soldadura.

Campo 5.10 Notas; Campo designado al ingreso de datos adicionales que se consideren importantes para el desarrollo y ejecución del procedimiento de soldadura.

#### 4.4.3.6 JUNTA

Esta sección esta diseñada para la visualización de las imágenes de los diferentes tipos de juntas, las que podrán ser cargadas en los distintos campos desde las carpetas adjuntas al software.

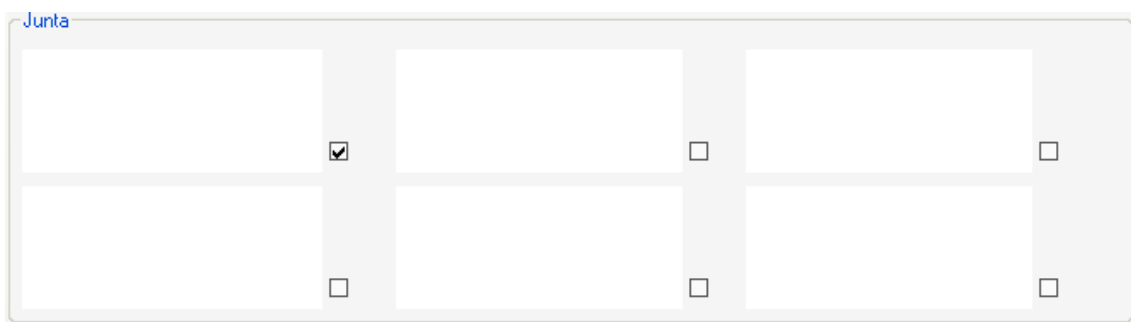


Figura 4.15 Sección Junta

#### 4.4.3.7 GEOMETRÍA DE LA JUNTA



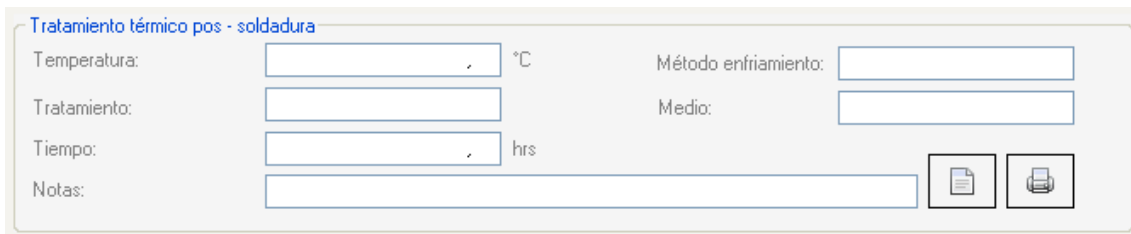
Geometría de la junta

<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 4.16 Sección Geometría de la junta

Estos campos permiten el acceso de datos referentes a la geometría y dimensionamiento de la junta así como la preparación de los bordes de las piezas que serán sometidos al proceso de soldadura y toda información que permita una correcta interpretación de la junta.

#### 4.4.3.8 TRATAMIENTO TÉRMICO POS-SOLDADURA



Tratamiento térmico pos - soldadura



Temperatura:	<input type="text"/>	°C	Método enfriamiento:	<input type="text"/>
Tratamiento:	<input type="text"/>		Medio:	<input type="text"/>
Tiempo:	<input type="text"/>	hrs		
Notas:	<input type="text"/>			 

Figura 4.17 Sección Tratamiento térmico pos-soldadura

Esta sección admite información acerca de un opcional tratamiento térmico, cada requerimiento está designado técnicamente con su respectiva unidad de medida.

Campo 8.1 Temperatura: Se debe digitar la temperatura a la que se pretende alcanzar para lograr las transformaciones estructurales del acero de forma favorezca la soldadura y la zona afectada por el calor.



Campo 8.2 Tratamiento: Se ingresa el nombre del tratamiento térmico que se planifique realizar posteriormente al procedimiento de soldadura.

Campo 8.3 Tiempo: Se refiere al tiempo de permanencia en la temperatura alcanzada en función del tratamiento térmico elegido.

Campo 8.4 Método de enfriamiento: Es el método escogido y disponible por el cual se realizará el enfriamiento del elemento soldado.

Campo 8.5 Medio: En este campo se requiere el ingreso del dato del medio en el cual se planifica realizar el enfriamiento de las piezas soldadas.

Campo 8.6 Notas: Campo designado al ingreso de datos adicionales e información que se consideren importantes para la planificación y ejecución del tratamiento térmico posterior al proceso de soldadura .

Comando grafico 1. Nueva WPS



Crea una nueva WPS

Comando grafico 2. Imprimir.



Imprime directamente la wps, como documento de Microsoft-word.(Ver anexo 11)

#### 4.4.4 CALCULO DE REGIMEN DE SOLDADURA MEDIANTE EL SOFTWARE WPS

##### 4.4.4.1 REGISTRO DE WPS

Se inicia con el ingreso de la identificación del documento en la primera sección de la unidad de Cálculo, como se indica en la Figura 4.18

Identificación

wps Número de registro:	<input type="text" value="wps-001"/>	Revisión:	<input type="text" value="1"/>	Calificador para:	<input type="text" value="AWS"/>
Fecha:	<input type="text" value="21/02/2007"/>	Nombre compañía:	<input type="text" value="E.P.N."/>		
PQR de soporte:	<input type="text" value="pqr-001"/>				
Docs. referencia:	<input type="text"/>				

Figura 4.18 Registro de la WPS

##### 4.4.4.2 CÁLCULO CON INFORMACIÓN DE PORCENTAJES DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DISPONIBLE.

Para ello se elige la opción ingreso manual en el tipo de acero (campo 2.1)  
Por ejemplo para un acero que tiene una composición química de; C: 0,41%, Si: 0,3%, Mn: 0,7%, Cr:1,1%, Mo: 0,2%; se llenan los campos de la composición química con el porcentaje respectivo (campos 2.2 al 2.9). Se obtiene directamente el Coeficiente equivalente químico como resultado (campo 2.10).

Material base

Tipo Acero:

Comp. Química:	<input type="text" value="0,41"/>	<input type="text" value="0,70"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,30"/>	<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="1,10"/>	<input type="text" value="0,20"/>
Ceq (Químico):	<input type="text" value="0,7655555555555555"/>							

Figura 4.19 Cálculo con información disponible

#### 4.4.4.3 CÁLCULO CON DATOS A PARTIR DE LA NORMA AISI DE LA BASE DE DATOS

Se elige el tipo de acero según la norma AISI (campo 2.1) al desplegarse la pestaña, y desde la base de datos se cargará automáticamente la composición química en porcentajes por elementos en cada campo respectivamente. Además el resultado del coeficiente equivalente químico (campo 2.10)

The screenshot shows a software interface for selecting a material. On the left, under the heading 'Material base', there are four fields: 'Tipo Acero:', 'Comp. Química:', 'Ceq (Químico):', and 'Espesor:'. The 'Tipo Acero:' field is a dropdown menu with '1040' selected. A list of options is visible: 1040, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1049, and 1050. To the right of the dropdown, there are six input fields for chemical composition: P (0,04), S (0,05), Si (0,00), Ni (0,00), Cr (0,00), and Mo (0,00). Below these fields is a unit label 'mm'.

Figura 4.20 Selección de acero según norma AISI

The screenshot shows the same software interface as Figure 4.20, but with the chemical composition fields populated. The 'Tipo Acero:' field remains '1040'. The 'Comp. Química:' field now has eight input fields: C (0,40), Mn (0,75), P (0,04), S (0,05), Si (0,00), Ni (0,00), Cr (0,00), and Mo (0,00). The 'Ceq (Químico):' field now contains the value '0,4833333333333333'.

Figura 4.21 Cálculo de composición química

#### 4.4.4.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO

Cualquiera que sea el tipo de ingreso anterior, el procedimiento siguiente es ingresar el espesor de las placas a soldar en milímetros (campo 2.11), el programa devuelve inmediatamente el coeficiente equivalente de Seferian y la temperatura de precalentamiento recomendada.

Material base									
Tipo Acero:	1040								
Comp. Química:	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	
	0,40	0,75	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ceq (Químico):	0,4833333333333333								
Espesor:	5,00 mm								
T. de precalentamiento:	173,388412723188 °C				Ceq (seferian):		0,495416666666667		

Figura 4.22 Cálculo de temperatura de precalentamiento

#### 4.4.4.5 RECONOCIMIENTO DE SOLDABILIDAD

Directamente a partir de la composición química en porcentaje del elemento Carbono (campo 2.2) el programa calificará la característica de soldabilidad del acero dentro de un rango a partir de una base de datos y la recomendación de procedimiento.

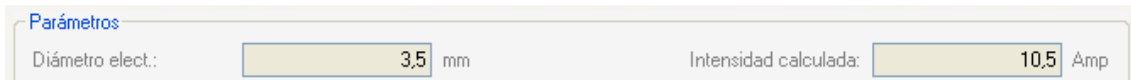
Material base									
Tipo Acero:	1040								
Comp. Química:	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	
	0,40	0,75	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ceq (Químico):	0,4833333333333333								
Espesor:	5,00 mm								
T. de precalentamiento:	173,388412723188 °C				Ceq (seferian):		0,495416666666667		
	0,40		Soldabilidad regular.		Recomendación:		Precalentamiento.		

Figura 4.23 Reconocimiento de soldabilidad

#### 4.4.4.6 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE

Como consecuencia de la información de espesor (campo 2.11) de forma automática resulta el diámetro de electrodo en milímetros recomendado (campo 3.1) como la intensidad de corriente calculada en Amperios, por el

programa que de igual manera aparecerá como información de salida (campo 3.2),



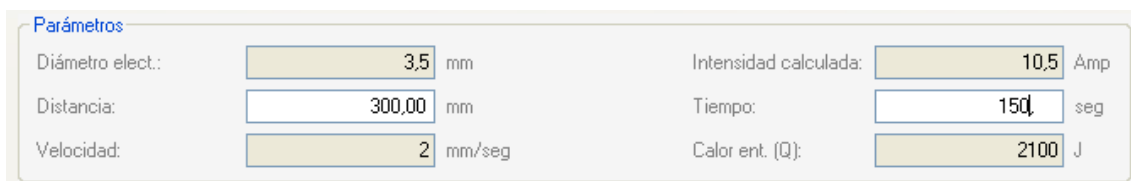
The screenshot shows a software window titled "Parámetros". It contains two input fields: "Diámetro elect.:" with the value "3,5" and the unit "mm", and "Intensidad calculada:" with the value "10,5" and the unit "Amp".

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro elect.:	3,5	mm
Intensidad calculada:	10,5	Amp

Figura 4.24 Cálculo de la intensidad de corriente

#### 4.4.4.7 CALCULO DE LA VELOCIDAD DE AVANCE Y CALOR ENTREGADO.

Se ingresan los valores correspondientes a distancia del cordón de soldadura en centímetros (campo 3.3) y tiempo requerido en minutos (campo 3.4). A continuación resultarán los datos de velocidad de avance en centímetros por minuto (campo 3.5) y calor entregado en Joules (campo 3.6)



The screenshot shows a software window titled "Parámetros". It contains six input fields: "Diámetro elect.:" (3,5 mm), "Distancia:" (300,00 mm), "Velocidad:" (2 mm/seg), "Intensidad calculada:" (10,5 Amp), "Tiempo:" (150 seg), and "Calor ent. (Q):" (2100 J).

Parámetro	Valor	Unidad
Diámetro elect.:	3,5	mm
Distancia:	300,00	mm
Velocidad:	2	mm/seg
Intensidad calculada:	10,5	Amp
Tiempo:	150	seg
Calor ent. (Q):	2100	J

Figura 4.25 Cálculo de la velocidad de avance y calor entregado

#### 4.4.4.8 SELECCIÓN DE ELECTRODOS

En la base de datos del software está disponible información acerca de los electrodos comerciales comunes y más utilizados. Basta seleccionar uno de ellos clasificados por la norma AWS (campo 4.1)

Electrodos

Norma AWS: Otro

Análisis material depositado: C Mn Si

Intensidad recomendada catálogo: 3.2 mm 1/8 pulg 100, Amp

E 6010  
E 6013  
E 7018  
E 6011  
Otro

Figura 4.26 Selección de tipo de electrodo AWS

A continuación se cargaran en los espacios respectivos el análisis de material depositado con los porcentajes de Carbono, Manganeso, Silicio, así también las posiciones en las que es factible el proceso de soldadura con el electrodo seleccionado, la corriente y polaridad recomendados, y también a partir del diámetro calculado del electrodo en milímetros su correspondiente equivalente en pulgadas y la intensidad que se recomienda usar en el proceso de soldadura.

Electrodos

Norma AWS: E 6013

Análisis material depositado: C 0,09% Mn 0,5% Si 0,3%

Intensidad recomendada catálogo: 3.2 mm 1/8 pulg 90, Amp

Posiciones: Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Corriente y polaridad: Preferiblemente CC, CC electrodo conectado al polo negativo.

Figura 4.27 Información acerca del electrodo

#### 4.4.4.9 RESUMEN DEL RÉGIMEN DE SOLDADURA.

El programa permite visualizar el resumen del procedimiento de soldadura y si es necesario editarlo, para ello en la sección Procedimiento de soldadura, se encuentra la información compilada de los principales parámetros del proceso, inclusive en el campo 5.5 el programa permite la selección de la intensidad que se decida es la mas adecuada. Adicionalmente se requiere la información del número de pasadas que son necesarias en el proceso de soldadura, dato que

se debe ingresar directamente (campo 5.6). Como anexo se permite además la incorporación de una nota en la que se encuentre algún dato importante adicional.

Procedimiento de Soldadura		
Proceso de soldadura:	SMAW	Número de pasadas: <input type="text" value="3"/>
Tipo:	Manual	Voltaje: <input type="text" value="20"/>
Temperatura de precalent:	<input type="text" value="197.465010965375"/> °C	Soldabilidad: <input type="text" value="Soldabilidad regular."/>
Velocidad de soldadura:	<input type="text" value="2"/> mm/seg	Recomendación: <input type="text" value="Precalentamiento."/>
Intensidad:	<input type="text" value="90"/> Amp	
Notas:	<input type="text"/>	

Figura 4.28 Sección de resumen con las variables del proceso de soldadura

#### 4.4.4.10 ADJUNTAR IMÁGENES DE TIPOS Y ESPECIFICACIONES DE LA JUNTA A SOLDAR.

Para pegar una imagen a partir de la base de datos de una imagen del tipo de junta, se debe colocar el puntero dentro de uno de los campos de la sección Junta (sección 6) al seleccionar una, se abrirá un cuadro de dialogo que permite elegir de entre varias carpetas que clasifican los tipos de junta, la mas conveniente.

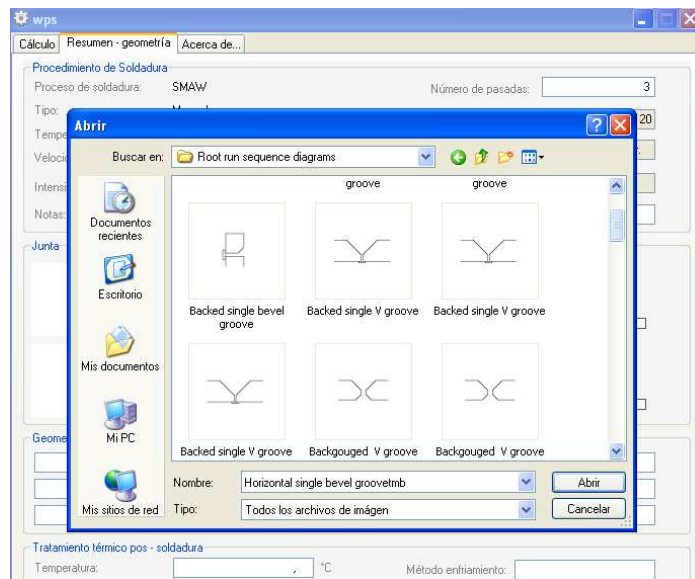


Figura 4.29 Carga de documentos gráficos de tipo de junta

Al seleccionar una imagen, esta se copiará dentro del campo elegido, existen seis para una previa visualización, al colocar el visto en el casillero se opta por la que se considere la más adecuada para la hoja wps y su impresión.

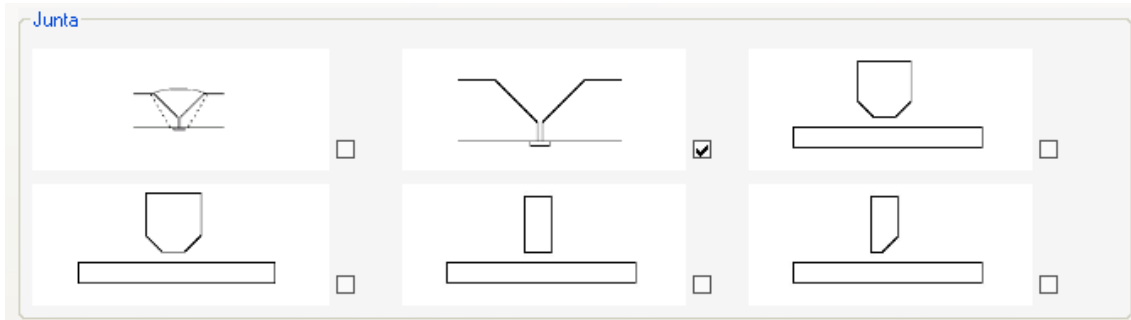


Figura 4.30 Sección gráfica del tipo de junta

#### 4.4.4.11 INGRESO DE DATOS ACERCA DE LA GEOMETRÍA DE LA JUNTA

Se incluye dentro del programa una sección para ingresar de forma directa datos concernientes a la geometría de la junta a ser soldada, esta información debe ser clara y precisa además contener su correspondiente simbología y unidad de magnitud.

The image shows a software interface titled "Geometría de la junta" with a form containing three rows of input fields. Each row has a small input field on the left and a larger input field on the right.

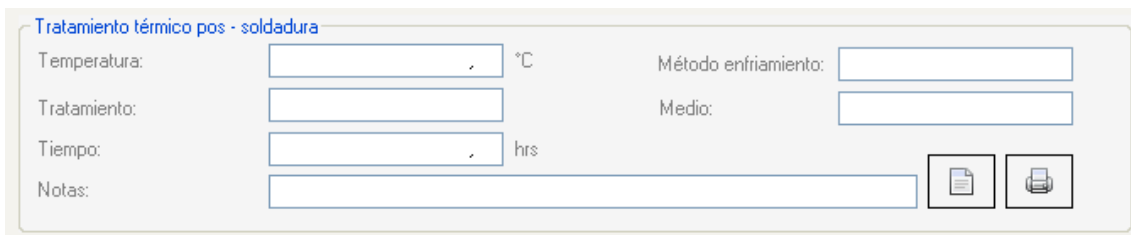
Field 1	Field 2
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 4.31 Sección de geometría de la junta



#### 4.4.4.12 ENTRADA DE DATOS ACERCA DE TRATAMIENTO TÉRMICO POS-SOLDADURA

De ser necesario se incluye este formulario en el que se ingresa la información sobre el tratamiento térmico a ser aplicado posteriormente al proceso de soldadura, y sus principales parámetros, esta información se debe manejar de forma técnica.



Tratamiento térmico pos - soldadura

Temperatura:  °C      Método enfriamiento:

Tratamiento:       Medio:

Tiempo:  hrs

Notas:



 

Figura 4.24 Sección de tratamiento pos-soldadura

#### 4.4.4.13 IMPRESIÓN DE LA WPS

Para imprimir la hoja creada se selecciona el comando gráfico en forma de impresora colocada al final del programa y directamente se envía en formato de documento de Microsoft word al cuadro de dialogo para la selección de la impresora activa.



#### 4.4.4.14 CREAR UNA NUEVA WPS

Esta opción se activa al elegir el comando grafico en forma de una hoja colocada junto al comando de impresión.



# CAPITULO V

## 5 ANALISIS DE RESULTADOS

### 5.1 INFORME DE PRÁCTICAS Y ENSAYOS REALIZADOS

#### 5.1.1 PRÁCTICAS DE SOLDADURA

Se realizaron dos practicas de soldadura con dos tipos diferentes de aceros, A36 y K460 utilizando el proceso SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING), siguiendo las recomendaciones del software.

##### 5.1.1.1 ACERO DE BAJO CONTENIDO DE CARBONO A36

Dimensiones del material base

300X150X10mm

##### 5.1.1.1.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL BASE

- Realizar bisel Y Ver anexo A1
- Realizar separación de 2 mm (1/8") entre platinas Ver anexo A2

##### 5.1.1.1.2 SOLDADURA DE RAIZ

Proceso de Soldadura: SMAW

Electrodo Utilizado: 6010

Consumo de electrodo: 2

Voltaje: 28 Volt.

Amperaje: 87 Amp.

Corriente: DC+

Velocidad de avance: 15cm/min.

Numero de pasadas: 1

#### 5.1.1.1.3 SOLDADURA DE RELLENO

Electrodo Utilizado: 7018

Consumo de electrodo: 2

Dimensiones electrodo: 2 1/4

Voltaje: 20 Volt.

Amperaje: 130 Amp.

Corriente: DC+

Velocidad de avance: 10cm/min.

Numero de pasadas: 2

#### 5.1.1.1.4 SOLDADURA DE SELLADO

Electrodo Utilizado: 7018

Consumo de electrodo: 2

Dimensiones electrodo: 2 1/4

Voltaje: 20 Volt.

Amperaje: 135 Amp.

Corriente: DC+

Velocidad de avance: 20cm/min.

Numero de pasadas: 2

Nota: Este cordón de soldadura se lo realizo en la parte posterior (raíz) de la junta.

Ver anexo A3

#### 5.1.1.1.5 CONCLUSIONES:

- Se observa poca penetración, en el cordón de raíz; por tal motivo se tuvo que realizar un cordón de sellado en la parte posterior.

#### 5.1.1.1.6 RECOMENDACIONES:

- Usar corriente DC- la misma que genera una mejor penetración.

#### 5.1.1.2 ACERO DE ALTO CONTENIDO DE CARBONO K460

- Dimensiones del material base
- 300x150x10mm

##### 5.1.1.2.1 PREPARACIÓN DEL MATERIAL BASE

- Realizar bisel Y Ver anexo A1
- Realizar separación de 2 mm (1/8") entre platinas Ver anexo A2
- Realizar un Pre calentamiento al material base. Se realizo una pre calentamiento al material base, la misma que se logro usando la soldadura oxiacetileno alcanzando una temperatura de 300°C. Ver anexo A4

##### 5.1.1.2.2 SOLDADURA DE RAIZ

Proceso de Soldadura: SMAW

Electrodo Utilizado: 7010

Consumo de electrodo: 2

Voltaje: 32 Volt.

Amperaje: 95 Amp.

Corriente: DC-

Velocidad de avance: 15cm/min.

Numero de pasadas: 1

##### 5.1.1.2.3 SOLDADURA DE RELLENO

Proceso de Soldadura: SMAW

Electrodo Utilizado: 8010

Consumo de electrodo: 5

Voltaje: 22 Volt.

Amperaje: 143 Amp.  
Corriente: DC+  
Velocidad de avance1: 15cm/min.  
Velocidad de avance2: 12cm/min.  
Numero de pasadas: 2

#### 5.1.1.2.4 SOLDADURA DE SELLADO

Electrodo Utilizado: 8018  
Consumo de electrodo: 2  
Dimensiones electrodo: 1/8"  
Voltaje: 22 Volt.  
Amperaje: 143 Amp.  
Corriente: DC+  
Velocidad de avance: 20cm/min.

### 5.1.2 ENSAYOS DE DOBLADO

#### 5.1.2.1 ELABORACION DE LAS PROBETAS

Las probetas se elaboraron a partir de los elementos soldados en las practicas anteriores y sus características son las que recomienda la norma AWS D1.1  
El proceso básico se describe a continuación:

- Trazado de las probetas en las placas soldadas. Ver anexo A5
- Corte de las placas en la máquina de oxicorte. Ver anexo A6

#### 5.1.2.2 PROCEDIMIENTO DE DOBLADO

- Se registran las probetas con una marca en la cara de las placas lo que determina el tipo de doblado a realizar como lo indica la norma AWS D1.1, dos probetas doblado de cara y dos doblado de raíz.

- Se colocan una a una las probetas, en la máquina de doblado, y se procede a ejercer la fuerza que la deforma en la zona de soldadura.

## 5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.2.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS PRACTICAS DE SOLDADURA

- El primer pase de raíz, que se realizó con electrodo 6010 para el material base de bajo contenido de carbono A36, se observó que existió poca penetración del material de aporte.
- Se observó que usando corriente DC+ provoca poca penetración entre las juntas soldadas.
- Para el primer pase de raíz la velocidad de avance no fue la apropiada, por tal motivo se tuvo que realizar un cordón de sellado en la parte posterior de la junta soldada.
- Los pases del cordón de relleno fueron realizados bajo los parámetros correctos de soldadura.
- Se seleccionaron los parámetros ideales para realizar los diferentes cordones de soldadura, como son voltaje y amperaje.
- No se obtuvieron cordones cóncavos (no recomendables)
- La baja corriente genera poca penetración.

- En el primer pase de raíz se realizó a una velocidad de avance muy rápida, motivo por el cual se observó falta de penetración y fusión en los costados.
- Los buenos resultados obtenidos de los cordones de soldadura se deben a que se utilizaron los tipos de electrodos correctos.
- Para los cordones de relleno como de sellado se usaron electrodo 7018 fill freeze (llenado y solidificación) obteniendo como resultados cordones de buena calidad.
- El material A36 por ser de bajo contenido de carbono, ayudó a obtener buenos resultados de soldabilidad.
- No se observaron efectos por mal procedimiento durante la soldadura como son fisuras, mordeduras, colgaduras etc...
- Durante el procedimiento de corte, para la obtención de las probetas de el acero de bajo contenido de carbono por medio del proceso de oxicorte no existió ninguna dificultad en obtener a las mismas.
- No así para la obtención de las probetas a partir de las placas de acero de alto contenido de Carbono, donde el procedimiento presentó varias complicaciones como, discontinuidad del proceso y resistencia al corte.

#### 5.2.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO

- Durante los ensayos de doblado para el material A36 de bajo contenido de carbono (acero hipoeutectoide) no se observaron defectos en el cordón de soldadura tanto para los doblados de raíz y de cara.

- Cuando se generan aberturas durante el ensayo de doblado, específicamente en el cordón de soldadura, esto es causa de la poca fusión.
- En los perfiles de las probetas no se observaron ninguna clase de deformaciones.
- El acero K460 por ser un material con un alto contenido de carbono ( 0.95% C) da como resultado una mala soldabilidad.
- A pesar de que se seleccionaron todos los parámetros correctos para realizar los cordones de soldadura como son tipos de electrodos (para los diferentes cordones de soldadura) corriente, amperaje etc. Los resultados finales no fueron los deseados en cuanto a la soldabilidad. En el acero de alto contenido de Carbono.
- El precalentamiento del material base se lo genero mediante el proceso de soldadura oxiacetileno, lo cual no garantizo un calentamiento uniforme en todo el sector del material.
- En el proceso de precalentamiento que se utilizo no se consideraron parámetros como velocidad de calentamiento, medio de enfriamiento apropiado.
- El recocido incompleto se aplica para los aceros hipereutectoides con estructura Perlita + Cementita después de un proceso de soldadura, el mismo que obtiene como resultado disminuir las tensiones internas, afinar el tamaño del grano, mejorar la maquinabilidad, disminuir la dureza.
- Con electrodos de diámetro y baja corriente CC es mejor, se tiene un arco más estable.



- CC es más fácil en especial con electrodos de diámetro pequeño.
- Si la longitud del arco es corta es mas fácil soldar CC excepto con electrodos gruesos.
- Con CA hay poco problema de golpe del arco pues el campo se invierte, el golpe del arco se puede dar en ferrita con CC a causas de mayores campos.
- Con CC es un poco mejor que CA para posiciones de soldadura vertical y sobrecabeza pues se usa amperaje menor. Sin embargo si se usa el electrodo apropiado es posible tener buenas soldaduras.

### 5.2.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN LATERAL

1	20x9.6	14200	21200	<b>ROTURA EN EL MATERIAL BASE</b>
<b>2</b>	<b>19.6x9.7</b>	<b>14500</b>	<b>20300</b>	<b>ROTURA EN EL MATERIAL BASE</b>

Tabla 5.1 Análisis de los resultados ensayos de tracción lateral

- Para los ensayos de tracción del material de bajo contenido de carbono A36, se obtuvo como resultado en las dos probetas la rotura en el material base.

#### 5.2.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL SOFTWARE DE SOLDADURA

- Los datos obtenidos mediante el cálculo del software de soldadura durante los ensayos fueron consecuentes y congruentes con los obtenidos por cálculo manual y tablas de recomendados bibliográficos así como con la experiencia del operador.
- La instalación del programa fue exitosa en todos los ordenadores que cumplían los requerimientos técnicos, además su óptimo funcionamiento.
- El software cumplió con el propósito de proveer información importante en cuanto a catálogos y manuales técnicos y comerciales.
- La impresión del documento WPS, se realizó satisfactoriamente,
- El mismo programa se encarga de proporcionar mensajes de error al ingresar datos que no corresponden o tienen prerrequisito.
- El procedimiento de carga de archivos gráficos no presenta ninguna complicación y permite la visualización para determinar la necesaria.

# CAPITULO IV

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- La soldadura continúa siendo un proceso fundamental para la producción mecánica, por lo tanto cada innovación y mejoramiento que se proporcione al método de aplicación será importante, en cuanto se desarrolle en parámetros técnico-científicos, que permitan reducir las variables que se ajusten a juicio del operador, y que produzcan deficiencias en la calidad e soldadura.
- Una soldadura buena es básicamente cualquier soldadura (asumiendo que tiene una apariencia aceptable) la cual continuará cumpliendo su función para la que el elemento soldado fue diseñado, sin embargo no puede ser excesivamente buena, es decir mucho mejor que la calidad requerida pues significa costo adicional innecesario. En conclusión mala productividad
- La planificación de un procedimiento de soldadura constituye la base tecnológica, sobre la cual se procederá. Por ello es fundamental que el cálculo de los parámetros y variables se ajuste de manera eficiente a los objetivos y funcionalidades que busca el elemento soldado.
- Dentro de la planificación de soldadura el documento de procedimiento WPS (Welding Procedure Specification) así como los demás documentos de referencia como son; PQR (Procedure Qualification Record) y WPQ (Welder Performance Qualification), son herramientas útiles para determinar de una manera ágil, las variables y parámetros que afectan directamente al proceso.

- La aplicación de códigos y normas establecidas para procedimientos de soldadura no solo que califican sino que asegura resultados que permitan un análisis correcto así como una interpretación real de los efectos en la junta soldada.
  
- El proceso de soldadura SMAW todavía en nuestro medio es el de mayor aplicación en producción no masiva, por lo tanto la capacitación y el desarrollo de herramientas didácticas y productivas, derivará en la calidad de los productos y productividad de la pequeña y mediana industria.
  
- Los parámetros que afectan directamente a la calidad y funcionalidad de la unión soldada por el procedimiento SMAW son:
  - Diámetro correcto del electrodo.
  - Tipo de corriente apropiada
  - Correcta selección de cantidad corriente (amperaje y voltaje).
  - Correcta longitud de arco.
  - Correcta velocidad de soldeo.
  - Ángulos correctos de aplicación.
  
- Soldabilidad es la capacidad que tienen los materiales, de la misma o diferente naturaleza, para ser unidos de forma permanente mediante los procesos de soldadura, sin presentar transformaciones estructurales perjudiciales, tensiones o deformaciones que puedan ocasionar alabeos o fisuramiento en el material en cuestión u otros problemas concernientes al punto de fusión de estos o de sus óxidos.

- La soldabilidad se define como la capacidad de un metal para ser soldado bajo condiciones impuestas de fabricación dentro de una estructura específica convenientemente diseñada y para funcionar satisfactoriamente en el servicio propuesto.
- La soldabilidad puede abordarse bajo los tres aspectos siguientes: soldabilidad operatoria, soldabilidad metalúrgica, soldabilidad constructiva. Así pues, se dice que un metal o aleación es soldable si satisface a estas tres condiciones.
- La soldabilidad operatoria, relativa a la operación de soldadura, estudia las condiciones de realización de las uniones por fusión o por cualquier otro procedimiento.
- La soldabilidad metalúrgica, relativa a las modificaciones físico-químicas resultado de la operación de soldadura.
- La soldabilidad constructiva o global, que se dedica a definir las propiedades de conjunto de la construcción por la sensibilidad de la unión o la deformación y a la rotura bajo el efecto de las tensiones.
- La soldabilidad del acero se maneja en función a su contenido en porcentaje del elemento Carbono

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Practique las normas de seguridad industrial para el proceso de soldadura SMAW.
- Para uso seguro y óptimo del programa sírvase leer el manual del software de soldadura.
- Verificar las condiciones técnicas del ordenador antes de instalar el software de soldadura.
- Tomar en cuenta la correcta preparación de la junta como de los equipos antes de realizar el proceso de soldadura.
- Observar analizar e interpretar los resultados del software amparados con una base teórico-práctica, incrementará la funcionalidad del software así como su aplicación.
- Aplicar de manera coherente los cálculos del software, con respecto al equipo disponible, tomando en cuenta los rangos en los cuales se pretende obtener los resultados mas óptimos en la junta soldada
- Tomar en cuenta las recomendaciones de aplicación proporcionadas por el software en cuanto a la soldabilidad del acero disponible.

### 6.3 BIBLIOGRAFIA

- **PIÑEIRO, Juan José** (1990). Tecnología y Cálculo de Soldadura, Editorial Pueblo y Educación, La Habana.
- **DOYLE, L.** (1975). Manufacturing Processes. Prentice Hall. Londres.
- **RUEDA , M.** (1995). Nomenclatura de Aceros, Océano Grupo Editorial, Barcelona.
- **GRANJA, M. V.** (1990). Guía de Soldadura LICOLN ELECTRIC (Versión en español del libro "Welding Guide" de la Licoln Electric, Folleto, EPN, Quito.
- **AGA LINDE GAS.** Catálogo de electrodos comunes especiales y gases para corte y soldadura.
- Principios De Control De Soldadura, EPN (2002), Folleto
- <http://www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/materiales/tabla2-2.html>
- <http://www.elprisma.com/apuntes/apuntes.asp?categoria=605>
- <http://www.infomecanica.com/soldadura.htm>

# ANEXOS



## **ANEXOS**

1. Fotografía de preparación de la junta para práctica de soldadura
2. Fotografía de la junta soldada practica 1
3. Fotografía de la junta soldada práctica 2
4. Fotografía del procedimiento de precalentamiento y su inspección
5. Fotografía de la preparación para corte de probetas
6. Fotografía de proceso de corte de probetas
7. Fotografía de probetas para ensayo de doblado
8. Fotografía de probetas para ensayo de tracción lateral
9. Informe Técnico de Ensayo de Doblado
10. Designación Norma AISI para aceros y composición química
11. Formulario WPS
12. Diagrama Fe-C



ANEXO 1



ANEXO 2







ANEXO 5



ANEXO 6



## ANEXO 9 (Informe Técnico De Ensayos De Doblado)



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**DEPARTAMENTO DE MATERIALES**

**LABORATORIO DE SOLDADURA**



### INFORME TÉCNICO

**Solicitado por:** Sr. Hugo Lozada.  
Sr. Paúl Hidalgo.  
**PROYECTO DE TITULACIÓN**  
**ESFOT EPN.**

**Tipo de trabajo:** Ensayos de doblado

**Fecha:** 08 de Febrero del 2007

#### 1. ANTECEDENTES.

Se realiza en el Laboratorio de Soldadura cuatro probetas, para la realización de ensayos destructivos (doblados laterales) de acuerdo a la norma AWS D1.1. se conoce que las probetas pertenecen a una placa soldada de  $e \approx 10$  mm. la cual sirve para determinar la soldabilidad de un acero cuya especificación del material base es ASTM A-36.

#### 2. NORMA DE REFERENCIA.

Los ensayos se realizan bajo la norma:

**AWS D 1.1 : 2002 " STRUCTURAL WELDING CODE - STEEL "**

#### 3. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBETAS PARA ANÁLISIS.

Las muestras se identifican de la siguiente manera:

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	DESCRIPCIÓN
1	1DL - P.T.E. EPN	Probeta para doblado lateral perteneciente a la placa de $e \approx 10$ mm.
	2DL - P.T.E. EPN	Probeta para doblado lateral perteneciente a la placa de $e \approx 10$ mm.
	3DL - P.T.E. EPN	Probeta para doblado lateral perteneciente a la placa de $e \approx 10$ mm.
	4DL - P.T.E. EPN	Probeta para doblado lateral perteneciente a la placa de $e \approx 10$ mm.



#### 4. RESULTADO DEL ENSAYO DE DOBLADO LATERAL.

MUESTRA NO.	IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	OBSERVACIONES	APROBACIÓN PARCIAL	APROBACIÓN TOTAL
1	1DL - P.T.E. EPN	Ninguna Observación.	SI	SI
	2DL - P.T.E. EPN	Ninguna Observación.	SI	
	3DL - P.T.E. EPN	Ninguna Observación.	SI	
	4DL - P.T.E. EPN	Ninguna Observación.	SI	

Atentamente,

  
Ing. Homero Barragán  
JEFE DE LABORATORIO DE SOLDADURA





13. ANEXO 10 (Designación Norma AISI para aceros y composición química)

N° SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm %	Dureza Brinell
	Kgf / mm <sup>2</sup>	Mpa	Kgf/mm <sup>2</sup>	Mpa		
	1010	40,0	392,3	30,2		
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179
1035	59,8	586,4	38,7	377,5	29	190
1040	63,4	621,7	42,2	413,8	25	201
1045	68,7	673,7	42,2	413,8	23	215
1050	73,9	724,7	42,2	413,8	20	229
1055	78,5	769,8	45,8	449,1	19	235
1060	83,1	814,9	49,3	483,5	17	241
1065	87,0	853,2	51,9	509,0	16	254
1070	90,9	891,4	54,6	535,4	15	267
1075	94,7	928,7	57,3	560,9	13	280
1080	98,6	966,9	59,8	586,4	12	293

Designación AISI	C		Mn			P (max)	S (max)	
<b>NO RESULTURIZADOS</b>								
<b>MÁXIMO DE MANGANESO: 1,00 %</b>								
1005	0,06		max	0,35		max	0,040	0,050
1006	0,08		max	0,25	-	0,40	0,040	0,050
1008	0,10		max	0,30	-	0,50	0,040	0,050
1010	0,08	-	0,13	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1012	0,10	-	0,15	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1015	0,13	-	0,18	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1016	0,13	-	0,18	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1017	0,15	-	0,20	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1018	0,15	-	0,20	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1019	0,15	-	0,20	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1020	0,18	-	0,23	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1021	0,18	-	0,23	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1022	0,18	-	0,23	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1023	0,20	-	0,25	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1025	0,22	-	0,28	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1026	0,22	-	0,28	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1029	0,25	-	0,31	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1030	0,28	-	0,34	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1035	0,32	-	0,38	0,60	-	0,90	0,040	0,050



1037	0,32	-	0,38	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1038	0,35	-	0,42	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1039	0,37	-	0,44	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1040	0,37	-	0,44	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1042	0,40	-	0,47	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1043	0,40	-	0,47	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1044	0,43	-	0,50	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1045	0,43	-	0,50	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1046	0,43	-	0,50	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1049	0,46	-	0,53	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1050	0,48	-	0,55	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1053	0,48	-	0,55	0,70	-	1,00	0,040	0,050
1055	0,50	-	0,60	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1059	0,55	-	0,65	0,50	-	0,80	0,040	0,050
1060	0,55	-	0,65	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1064	0,60	-	0,70	0,50	-	0,80	0,040	0,050
1065	0,60	-	0,70	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1069	0,65	-	0,75	0,40	-	0,70	0,040	0,050
1070	0,65	-	0,75	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1078	0,72	-	0,85	0,30	-	0,60	0,040	0,050
1080	0,75	-	0,88	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1084	0,80	-	0,93	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1086	0,80	-	0,93	0,30	-	0,50	0,040	0,050
1090	0,85	-	0,98	0,60	-	0,90	0,040	0,050
1095	0,90	-	1,03	0,30	-	0,50	0,040	0,050

**ACEROS AL CARBONO CON ALTO CONTENIDO DE MANGANESO**

1013	0,10	-	0,16	1,10	-	1,40	0,040	0,050
1022	0,18	-	0,24	1,10	-	1,40	0,040	0,050
1024	0,19	-	0,25	1,35	-	1,65	0,040	0,050
1026	0,22	-	0,29	1,10	-	1,40	0,040	0,050
1027	0,22	-	0,29	1,20	-	1,50	0,040	0,050
1041	0,36	-	0,44	1,35	-	1,65	0,040	0,050
1048	0,44	-	0,52	1,10	-	1,52	0,040	0,050
1051	0,45	-	0,56	0,85	-	1,56	0,040	0,050
1052	0,47	-	0,55	1,20	-	1,55	0,040	0,050
1061	0,55	-	0,65	0,75	-	1,65	0,040	0,050
1066	0,60	-	0,71	0,85	-	1,71	0,040	0,050

**ACEROS RESULTURIZADOS (de fácil labrado)**

1108	0,08	-	0,13	0,50	-	0,80	0,040	0,08-0,13
1109	0,08	-	0,13	0,60	-	0,90	0,040	0,08-0,13
1117	0,14	-	0,20	1,00	-	1,30	0,040	0,08-0,13
1118	0,14	-	0,20	1,30	-	1,60	0,040	0,08-0,13
1119	0,14	-	0,20	1,00	-	1,30	0,040	0,24-0,33

1132	0,27	-	0,14	1,35	-	1,65	0,040	0,08-0,13
1137	0,32	-	0,39	1,35	-	1,65	0,040	0,08-0,13
1139	0,35	-	0,43	1,35	-	1,65	0,040	0,13-0,20
1140	0,37	-	0,44	0,70	-	1,00	0,040	0,08-0,13
1141	0,37	-	0,45	1,35	-	1,65	0,040	0,08-0,13
1144	0,40	-	0,48	1,35	-	1,65	0,040	0,24-0,33
1145	0,42	-	0,49	0,70	-	1,00	0,040	0,04-0,07
1146	0,42	-	0,49	0,70	-	1,00	0,040	0,08-0,13
1151	0,80	-	0,55	0,70	-	1,00	0,040	0,08-0,13

#### ACEROS REFOSFORADOS Y RESULTURIZADOS

1110	0,08	-	0,13	0,30	-	0,60	0,04 máx	0,08-0,13
1211	0,13		máx	0,60	-	0,90	0,07-0,012	0,10-0,15
1212	0,13		máx	0,07	-	1,00	0,07-0,012	0,16-0,23
1213	0,13		máx	0,70	-	1,00	0,07-0,012	0,24-0,33
1216	0,14	-	0,20	1,10	-	1,40	0,04 máx	0,16-0,23
1215	0,09		máx	0,75	-	1,05	0,04-0,09	0,26-0,35
12L14	0,15		máx	0,85	-	1,15	0,04-0,09	0,26-0,35

Designación AISI	C	Mn	P (max)	S (max)	Si	Ni	Cr	Mo
1330	0,28 - 0,33	1,60 - 1,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			
1335	0,33 - 0,38	1,60 - 1,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			
1340	0,38 - 0,43	1,60 - 1,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			
1345	0,43 - 0,48	1,60 - 1,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			
4023	0,20 - 0,25	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4024	0,20 - 0,25	0,70 - 0,90	0,035	0,035	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4027	0,25 - 0,30	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4028	0,25 - 0,30	0,70 - 0,90	0,035	0,035	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4037	0,35 - 0,40	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4047	0,45 - 0,50	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35			0,20 - 0,30
4118	0,18 - 0,23	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,40 - 0,60	0,08 - 0,15
4130	0,28 - 0,33	0,40 - 0,60	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4137	0,35 - 0,40	0,70 - 0,90	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4140	0,38 - 0,43	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4142	0,40 - 0,45	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4145	0,43 - 0,48	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4147	0,45 - 0,50	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4150	0,48 - 0,53	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,80 - 1,10	0,15 - 0,25
4161	0,56 - 0,64	0,75 - 1,00	0,035	0,040	0,15 - 0,35		0,70 - 0,90	0,25 - 0,35

4320	0,17	-	0,22	0,45	-	0,65	0,035	0,040	0,15	-	0,35	1,65	-	2,00	0,40	-	0,60	0,20	-	0,30
4340	0,38	-	0,43	0,60	-	0,80	0,035	0,040	0,15	-	0,35	1,65	-	2,00	0,70	-	0,90	0,20	-	0,30
E4340	0,38	-	0,43	0,65	-	0,85	0,025	0,025	0,15	-	0,35	1,65	-	2,00	0,70	-	0,90	0,20	-	0,30
4615	0,13	-	0,18	0,45	-	0,65	0,035	0,040	0,15	-	0,35	1,65	-	5,00				0,20	-	0,30
4620	0,17	-	0,22	0,45	-	0,65	0,035	0,040	0,15	-	0,35	1,65	-	5,00				0,20	-	0,30
4626	0,24	-	0,29	0,45	-	0,65	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,70	-	1,00				0,15	-	0,25
4720	0,17	-	0,22	0,50	-	0,70	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,90	-	1,20	0,35	-	0,55	0,15	-	0,25
4815	0,13	-	0,18	0,40	-	0,60	0,035	0,040	0,15	-	0,35	3,25	-	3,75				0,20	-	0,30
4817	0,15	-	0,20	0,40	-	0,60	0,035	0,040	0,15	-	0,35	3,25	-	3,75				0,20	-	0,30
4820	0,18	-	0,23	0,50	-	0,70	0,035	0,040	0,15	-	0,35	3,25	-	3,75				0,20	-	0,30
5117	0,15	-	0,20	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
5120	0,17	-	0,22	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
5130	0,28	-	0,33	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,80	-	1,10			
5132	0,30	-	0,35	0,60	-	0,80	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,75	-	1,10			
5135	0,33	-	0,38	0,60	-	0,80	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,80	-	1,05			
5140	0,38	-	0,43	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
5150	0,48	-	0,53	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
5155	0,51	-	0,59	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
5160	0,56	-	0,64	0,75	-	1,00	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,70	-	0,90			
E51100	0,98	-	1,10	0,25	-	0,45	0,025	0,025	0,15	-	0,35				0,90	-	1,15			
E52100	0,98	-	1,10	0,25	-	0,45	0,025	0,025	0,15	-	0,35				1,30	-	1,60			
6118	0,16	-	0,21	0,50	-	0,70	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,50	-	0,70	0,10	-	0,15V
6150	0,48	-	0,53	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35				0,80	-	1,10	0,15	-	V Min
8615	0,13	-	0,18	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8617	0,15	-	0,20	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8620	0,18	-	0,23	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8622	0,20	-	0,25	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8625	0,23	-	0,28	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8627	0,25	-	0,30	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8630	0,28	-	0,33	0,70	-	0,90	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8637	0,35	-	0,40	0,75	-	1,00	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25
8640	0,38	-	0,43	0,75	-	1,00	0,035	0,040	0,15	-	0,35	0,40	-	0,70	0,40	-	0,60	0,15	-	0,25