

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE SOLDADURA POR  
ARCO SUMERGIDO, EN LA PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS  
ESTRUCTURALES”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**SANTIAGO JAVIER CRIOLLO CHAMORRO**

**santy\_javych@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. GALO HOMERO BARRAGÁN CAMPOS, MSc.**

**hbarragan@hotmail.es**

**QUITO, DICIEMBRE 2011**

## DECLARACIÓN

Yo Santiago Javier Criollo Chamorro, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; ya que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación anterior, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

-----  
Santiago Javier Criollo Chamorro

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por Santiago Javier Criollo Chamorro, bajo mi supervisión.

-----

Ing. Homero Barragán

DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Homero Barragán por su acertada dirección.

Al Ing. Alex Morales por su colaboración y aporte en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Gabriel Velasteguí por su contribución acertada.

A los profesores de la Facultad de Ingeniería Mecánica por los conocimientos impartidos.

Un millón de veces a Mi Madre por brindarme su apoyo ilimitado.

A Mi Hermana y Mis Amigos por su apoyo y amistad incondicional.

Santiago

## DEDICATORIA

A DIOS, quien me guía y cuida en el transcurso de este arduo camino en donde  
no soy más que un transeúnte de la vida.

A quien no está conmigo pero que desde el cielo encamina mis pasos, estando a  
**cada instante a mi lado como un ángel; Mi Padre.**

A la persona más importante, que no solo le basto darme el ser sino que también,  
consiguió formarme como una persona de bien, con la determinación y el valor  
para cumplir mis metas; Mi madre.

A mi hermana por ayudarme cuando lo he necesitado

Santiago

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
RESUMEN .....	xxi
PRESENTACIÓN .....	xxiii
CAPÍTULO I .....	1
SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	1
1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	2
1.3. MÉTODOS GENERALES .....	4
1.3.1. SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA .....	4
1.3.2. SOLDADURA AUTOMÁTICA .....	4
1.3.3. SOLDADURA MECANIZADA .....	4
1.4. VARIACIONES DEL PROCESO .....	5
1.5. EQUIPO .....	6
1.5.1. FUENTE DE POTENCIA .....	6
1.5.1.1. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Voltaje Constante	7
1.5.1.2. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Corriente Constante .....	8
1.5.1.3. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Voltaje Constante/Corriente Constante .....	8
1.5.1.4. Fuentes de Potencia de Corriente Alterna .....	8

1.5.2.	SISTEMA DE SUMINISTRO DE ELECTRODO .....	9
1.5.3.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE FUNDENTE .....	9
1.5.4.	UNIDADES DE RECUPERACIÓN DE FUNDENTE .....	10
1.5.5.	MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO .....	11
1.5.5.1.	Equipo de Desplazamiento con Carro Tipo Tractor .....	11
1.5.5.2.	Equipo de Desplazamiento con Carro de Riel Lateral.....	12
1.5.5.3.	Equipo de Desplazamiento con Manipulador .....	13
1.5.6.	SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO.....	14
1.5.7.	POSICIONADORES Y VIRADORES.....	15
1.6.	MATERIALES .....	16
1.6.1.	MATERIAL BASE .....	16
1.6.2.	ELECTRODOS .....	17
1.6.3.	FUNDENTES.....	17
1.6.3.1.	Fundentes Clasificados por el Método de Elaboración .....	18
1.6.3.2.	Fundentes Clasificados Según los Resultados Finales de la Operación de Soldadura .....	20
1.6.4.	TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE FUNDENTE. .....	20
1.6.5.	COMBINACIONES FUNDENTE ELECTRODO.....	21
1.7.	APLICACIONES GENERALES DEL PROCESO .....	23
1.8.	VARIABLES DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE SOLDADURA SAW .....	24
1.8.1.	AMPERAJE DE SOLDADURA .....	25
1.8.2.	VOLTAJE DE SOLDADURA.....	25
1.8.3.	VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO .....	26
1.8.4.	DIÁMETRO DEL ELECTRODO.....	26
1.8.5.	ANCHO Y ESPESOR DE LA CAPA DE FUNDENTE.....	26

1.8.6. TAMAÑO DEL ELECTRODO .....	27
1.8.7. EXTENSION DEL ELECTRODO .....	27
CAPÍTULO II .....	28
PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA .....	28
2.1. CÓDIGOS DE REFERENCIA .....	28
2.1.1. CÓDIGO ASME .....	28
2.1.1.1. COMPOSICIÓN DEL CODIGO ASME .....	29
2.1.2. CÓDIGO AWS .....	32
2.1.2.1. COMPOSICIÓN DEL CÓDIGO AWS .....	32
2.2. CÓDIGO ASME SECCIÓN IX CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE .....	33
2.2.1. PARTE QW ARTÍCULO I REQUERIMIENTOS GENERALES DE SOLDADURA .....	33
2.2.1.1. Alcance .....	34
2.2.1.2. Términos y Definiciones .....	34
2.2.1.3. Responsabilidad .....	35
2.2.1.4. Orientación de Soldadura .....	35
2.2.1.5. Tipos y Propósitos de Prueba .....	40
2.2.2. PARTE QW ARTÍCULO II CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA .....	42
2.2.2.1. General .....	42
2.2.2.2. Preparación de Muestra .....	44
2.2.2.3. Variables de Soldadura .....	44
2.2.3. PARTE QW ARTÍCULO III CALIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL SOLDADOR .....	45
2.2.3.1. General .....	45
2.2.3.2. Calificación de Muestra .....	45



2.2.3.3.	Recalificación de Pruebas y renovación de calificaciones .....	46
2.2.3.4.	Variables de Soldadura para Soldadores.....	46
2.2.3.5.	Variables de Soldadura para Operadores de Soldadura.....	46
2.2.4.	PARTE QW ARTÍCULO IV DATOS DE SOLDADURA.....	46
2.2.4.1.	Variables .....	46
2.2.4.2.	Técnica.....	48
2.2.4.3.	Agrupamiento de Metal Base y de Aporte.....	48
2.2.4.4.	Composición Química del Metal de Aporte .....	50
2.2.4.5.	Probetas.....	51
2.2.4.6.	Posiciones de Soldadura.....	51
2.2.4.7.	Definiciones.....	51
2.2.5.	PARTE QW ARTÍCULO V ESTÁNDARES DE ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (SWPS).....	52
2.2.6.	PARTE QB ARTÍCULO XI REQUERIMIENTOS GENERALES DE SOLDADURA FUERTE.....	52
2.2.7.	PARTE QB ARTÍCULO XII CALIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA FUERTE .....	53
2.2.8.	APENDICES .....	53
2.3.	CÓDIGO AWS DE SOLDADURA PARA ESTRUCTURAS EN ACERO D1.1 .....	53
2.3.1.	ALCANCE.....	54
2.3.2.	LIMITACIONES .....	54
2.3.3.	CONTENIDO DEL CÓDIGO AWS D1.1 .....	54
2.3.3.1.	Requerimientos Generales.....	54
2.3.3.2.	Diseño de Conexiones Soldadas .....	55
2.3.3.3.	Precalificación .....	55
2.3.3.4.	Calificación.....	55

2.3.3.5. Fabricación.....	55
2.3.3.6. Inspección.....	55
2.3.3.7. Soldadura de Esparrago .....	56
2.3.3.8. Refuerzo y Reparación de Estructuras Existentes .....	56
2.3.3.9. Anexos.....	56
2.4. ELABORACIÓN Y CALIFIFCACIÓN DE PROCEDIMIENTO BAJO CÓDIGO ASME IX CALIFICACIONES PARA SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE .....	56
2.4.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WELDING PROCEDURE SPECIFICATION-WPS) .....	56
2.4.2. REALIZACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y DESTRUCTIVOS .....	57
2.4.2.1. Ensayo No Destructivo.....	57
2.4.2.2. Ensayo Destructivo .....	58
2.4.2.3. Memoria Fotográfica de Ensayo de Tracción y Doblado Lateral	59
2.4.3. REGISTRO DEL PROCEDIMIENTO CALIFICACIÓN (PROCEDURE QUALIFICATION RECORD-PQR).....	61
2.4.4. CALIFICACIONES DEL DESEMPEÑO DEL OPERADOR DE SOLDADURA, (WELDING PERFORMANCE QUALIFICATIONS-WPQ).....	62
CAPÍTULO III .....	64
COSTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA SAW .....	64
3.1. INTRODUCCIÓN .....	64
3.2. ELEMENTOS DE COSTO EN EL PROCESO DE SOLDADURA.....	64
3.2.1. METAL DE SOLDADURA NECESARIO PARA LAS UNIONES.....	65
3.2.2. REQUERIMIENTOS DE CONSUMIBLES .....	72
3.2.2.1. Fundentes .....	72
3.2.2.2. Otros Materiales.....	72
3.2.3. TIEMPO Y MANO DE OBRA.....	72

3.2.4.	COSTOS DE ELECTRICIDAD .....	73
3.2.5.	COSTOS GENERALES.....	74
3.3.	METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE SOLDADURA. .....	75
3.3.1.	FACTOR OPERADOR .....	75
3.3.2.	REQUERIMIENTOS Y COSTO DEL METAL DE APORTE .....	76
3.3.3.	COSTOS DE MATERIALES DIVERSOS .....	81
3.3.3.1.	Fundente.....	81
3.3.4.	COSTO DE MANO DE OBRA .....	82
3.3.5.	COSTO DE ELECTRICIDAD.....	85
3.3.6.	COSTOS GENERALES.....	86
3.3.7.	COSTO TOTAL DE SOLDADURA .....	86
CAPÍTULO IV	.....	88
ENSAYOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	.....	88
4.1.	ASPECTOS GENERALES.....	88
4.1.1.	DATOS TÉCNICOS.....	88
4.1.2.	FUNCIONES DE PROPULSIÓN .....	89
4.2.	SEGURIDAD EN EL EQUIPO DE SOLDADURA SAW, CaB 300s.....	89
4.3.	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....	92
4.3.1.	GRÚA DE SOLDADURA CaB 300 S MARCA ESAB .....	92
4.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR PARA SOLDAURA SAW CaB 300 S .....	94
4.3.3.	VAGÓN SOBRE RIELES (BASE).....	95
4.3.4.	COLUMNA.....	95
4.3.5.	BRAZO .....	96
4.3.6.	EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO.....	97
4.3.6.1.	Armario Eléctrico.....	97

4.3.6.2.	Unidad de Control Remoto, RCC .....	98
4.3.6.3.	Unidad de Control, PEH .....	98
4.3.7.	FUENTE ESAB LAF 150 M .....	99
4.3.7.1.	Generalidades.....	99
4.3.7.2.	Características Técnicas de Fuente para Soldadura por arco sumergido.....	100
4.3.7.3.	Grado de Estanqueidad .....	101
4.3.7.4.	Clase de Aplicación.....	101
4.3.7.5.	Conexión a la Red.....	101
4.3.7.6.	Funcionamiento.....	101
4.3.8.	A2-A6 CONTROLADOR DE PROCESOS.....	102
4.3.8.1.	Generalidades.....	102
4.3.8.2.	Datos Técnicos .....	103
4.3.8.3.	Panel de Mandos .....	104
4.3.8.4.	Funcionamiento.....	105
4.3.9.	CABEZAL DE SOLDADURA PARA ARCO SUMERGIDO .....	106
4.3.9.1.	Características Técnicas para A6 /A6 SF Twin .....	106
4.3.9.2.	Componentes Principales .....	106
4.3.10.	MOTOR A6 VEC, CORREDERA A6, Y SEGUIDOR A6 GMD; CABEZAL MOTORIZADO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO ..	108
4.3.10.1.	Motor A6 VEC .....	109
4.3.10.2.	Corredera A6.....	111
4.3.10.3.	Seguidor A6 GMD .....	112
4.3.11.	UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE FUNDENTE OPC.....	116
4.3.11.1.	Descripción.....	116
4.3.11.2.	Partes de la Unidad Recuperadora de Fundente .....	116
4.3.11.3.	Datos Técnicos.....	118

4.4.	PRUEBAS DE MANIPULACIÓN DEL EQUIPO SAW, CaB 300 S.....	118
4.5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO .....	119
4.5.1.	ELECTRODO OK AUTROD 12.20 Y FUNDENTE OK FLUX 10.71 ESAB .....	119
4.5.1.1.	Características de Electrodo Sólido .....	119
4.5.1.2.	Composición de Electrodo Sólido OK AUTROD 12.20 .....	120
4.5.1.3.	Recomendaciones para Alambres Sólidos y Tubulares Marca ESAB .....	120
4.5.1.4.	Características de Fundente .....	120
4.5.1.5.	Composición de Fundente OK FLUX 10.71 .....	121
4.5.1.6.	Recomendaciones para Fundente ESAB.....	121
4.5.1.7.	Combinaciones de Alambre-Fundente según ESAB.....	123
4.5.2.	ENSAYO DE SOLDADURA CON JUNTA A TOPE .....	123
4.5.3.	ENSAYO DE SOLDADURA CON JUNTA DE FILETE .....	126
	CAPÍTULO V .....	130
	ANÁLISIS DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO .....	130
5.1.	CÁLCULO DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO .....	130
5.1.1.	CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA EN LA JUNTA DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y HABILIDAD DEL OPERADOR DE SOLDADURA.....	130
5.1.2.	CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA EN LA JUNTA UTILIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS .....	137
5.2.	ÁNÁLISIS DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.....	142
5.2.1.	FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	142

5.2.2. RENDIMIENTO.....	142
5.2.3. RESUMEN DE TARIFAS.....	144
5.2.4. ANÁLISIS POR RUBRO .....	146
CAPÍTULO VI.....	149
ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL EQUIPO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO .....	149
6.1. COSTOS DEL PROYECTO .....	149
6.2. VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LAS VARIABLES TÉCNICAS.....	150
6.3. EVALUACIÓN DEL EQUIPO .....	150
6.3.1. INVERSIÓN DEL EQUIPO .....	150
6.3.1.1. Financiamiento.....	150
6.3.1.2. Estudios Definitivos.....	150
6.3.1.3. Ejecución y Montaje .....	150
6.3.1.4. Puesta a Punto.....	150
6.3.2. DEPRECIACIÓN .....	151
6.3.3. VALOR RESIDUAL.....	151
6.3.4. ACTIVOS .....	151
6.3.4.1. Activos Intangibles .....	151
6.3.4.2. Activos Tangibles.....	152
6.3.5. AMORTIZACIÓN .....	153
6.3.6. MANO DE OBRA.....	154
6.3.7. COSTOS FIJOS Y VARIABLES .....	155
6.3.7.1. Costos Fijos .....	155
6.3.7.2. Costos Variables.....	156
6.3.8. INGRESOS POR VENTAS.....	157
6.3.9. INVERSIONES .....	157
6.3.10. AMORTIZACIÓN DE CRÉDITO.....	158

6.3.11.	SÍNTESIS DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES.....	158
6.3.12.	ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS .....	159
6.3.13.	FUENTES Y USOS .....	160
6.4.	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN .....	161
6.4.1.	Criterio del Valor Presente Neto .....	162
6.4.2.	Criterio de la Tasa Interna de Retorno.....	163
6.4.3.	Retorno de Inversión .....	165
CAPÍTULO VII.....		166
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		166
7.1.	CONCLUSIONES.....	166
7.2.	RECOMENDACIONES .....	167
ANEXOS .....		169
Anexo 1 Grupos de metales base para calificación.....		170
Anexo 2 Grupos de electrodos y Varillas de soldadura para calificación .....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 3 Límites de espesores y ensayos de probetas para calificación de procedimiento.....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 4 Ensayo de probeta; Preparación de metal base y probetas.....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 5 WPS, Procedimiento de soldadura.....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 6 Informe técnico de ensayos destructivos ..		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 7 Especificación de materiales base .....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 8 PQR, Registro de procedimiento de calificación;		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 9 WOPQ, calificación de desempeño de operador de soldadura .....		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 10 Diagramas de velocidad de fusión en SAW;		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Anexo 11 Composición de electrodo ESAB OK Autrod 12.20; **Error! Marcador no definido.**

Anexo 12 Composición de fundente ESAB OK Autrod 10.71; **Error! Marcador no definido.**

Anexo 13 Criterios de aceptación visual .....; **Error! Marcador no definido.**

Anexo 14 Variables de Operación y Tamaños de Cordón en Columnas .....; **Error! Marcador no definido.**

Anexo 15 Cotización de Electrodo y Fundentes para SAW; **Error! Marcador no definido.**

BIBLIOGRAFÍA .....; **Error! Marcador no definido.**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1	Proceso de Soldadura por Arco Sumergido .....	2
Figura 1. 2	Variaciones del Proceso de Soldadura por Arco Sumergido: (a) disposición de un electrodo, (b) disposición de electrodo gemelo, y; (c) disposición de múltiples electrodos.....	6
Figura 1. 3	Fuentes de Potencia Marca E S A B .....	7
Figura 1. 4	Sistema de Distribución de Fundente.....	10
Figura 1. 5	Sistema de Recuperación de Fundente .....	11
Figura 1. 6	Equipo de Desplazamiento con Carro Tipo Tractor Marca E S A B .	12
Figura 1. 7	Equipo de Desplazamiento con Carro de Riel Lateral.....	13
Figura 1. 8	Equipo de Desplazamiento con Manipulador .....	14
Figura 1. 9	Posicionadores y Viradores: (a) Virador de Rodillos giratorios, (b) Posicionador de Inclinación y Giratorio, y;(c) Posicionador de Plataforma Giratoria .....	16
Figura 1. 10	Granulometría de Fundente Fusionado.....	18
Figura 1. 11	Granulometría de Fundente Granulado Aglomerado .....	19
Figura 1. 12	Denominación de los Electrodo Sólidos-Fundentes para SAW según la AWS .....	22
Figura 1. 13	Aplicación de proceso SAW en la Fabricación de Recipientes .....	24
Figura 2. 1	Posiciones para Soldadura en Ranura.....	36
Figura 2. 2	Posiciones para Soldadura a Filete.....	37
Figura 2. 3	Posiciones de Prueba para Soldadura de Placas en Ranura; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Vertical, y; (d) Posición Sobre Cabeza .....	37
Figura 2. 4	Posiciones de Prueba para Soldadura de Tubos en Ranura; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Múltiple con Eje de Tubo Horizontal, y; (d) Posición Múltiple con Eje de Tubo a 45° .....	38
Figura 2. 5	Posiciones de Prueba para Soldadura de Placas a Filete; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Vertical, y; (d) Posición Sobre Cabeza .....	39

Figura 2. 6	Posiciones de Prueba para Soldadura de Tubos a Filete; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Horizontal Rotada, (d) Posición Sobre Cabeza, y; (e) Posición Múltiple .....	40
Figura 2. 7	Marcación de Probetas para Ensayos Destructivos SA-516 Gr. 70 .. .....	59
Figura 2. 8	Marcación de Probetas para Ensayos Destructivos SA-516 Gr. 70 .. .....	59
Figura 2. 9	Ruptura por Tracción de Probeta SAW-T1-W3 .....	60
Figura 2. 10	Resultado de Ensayo de Tracción de Probeta SAW-T1-W3 .....	60
Figura 2. 11	Resultado de Ensayo de Doblado de Probeta SAW-D1-W3 .....	60
Figura 3. 1	Velocidad de Aportación.....	80
Figura 4. 1	Acotación de Grúa de Soldadura; (a) Vista Lateral y (b) Vista Frontal .....	92
Figura 4. 2	Partes Principales .....	94
Figura 4. 3	Vagón con Dispositivos Antivuelco.....	95
Figura 4. 4	Columna .....	96
Figura 4. 5	Brazo .....	97
Figura 4. 6	Armario Eléctrico .....	98
Figura 4. 7	Unidad de Control Remoto, RCC .....	98
Figura 4. 8	Unidad de Control, PEH .....	98
Figura 4. 9	Fuente LAF 1250 M.....	100
Figura 4. 10	Datos de Placa de la Fuente LAF 1250 M.....	101
Figura 4. 11	Panel de Fuente LAF 1250 M.....	102
Figura 4. 12	A2-A6 Controlador de Procesos.....	103
Figura 4. 13	Panel de Mandos del A2-A6 Controlador de Procesos .....	105
Figura 4. 14	Menú Principal del A2-A6 Controlador de Procesos .....	105
Figura 4. 15	Componentes Principales del Cabezal de Soldadura Manual/Motorizado .....	107
Figura 4. 16	Cabezal de Soldadura Motorizado A6.....	109
Figura 4. 17	Motor A6 VEC .....	110
Figura 4. 18	Corredera A6; (a) Partes, (b) Corredera.....	111
Figura 4. 19	Sensor.....	112

Figura 4. 20	Componentes Principales.....	113
Figura 4. 21	Partes de Sensor.....	114
Figura 4. 22	Partes de Caja de Control.....	115
Figura 4. 23	Sistema de Seguimiento de Costuras A6 GMD.....	116
Figura 4. 24	Unidad Recuperadora de Fundente.....	117
Figura 4. 25	Etiqueta de Electrodo Marca E SAB.....	120
Figura 4. 26	Etiqueta de Fundente Marca E SAB.....	121
Figura 4. 27	Combinaciones Electrodo-Fundente según Marca E SAB.....	123
Figura 4. 28	Diseño de Junta.....	124
Figura 4. 29	Placa Base a Soldar.....	124
Figura 4. 30	Calibrador Bridge Cam.....	125
Figura 4. 31	Soldadura por Arco Sumergido.....	125
Figura 4. 32	Soldadura de Cara con Tres Pases.....	126
Figura 4. 33	Soldadura de Raíz con Un Pase.....	126
Figura 4. 34	Modelado Columna 3D.....	127
Figura 4. 35	Detalle de Soldadura Patines y Alma.....	128
Figura 4. 36	Disposición de la Columna en Posición de Soldadura a Filete....	128
Figura 4. 37	Operación de Soldadura en Columna C1; (a) Ejecución de Soldadura; y, (b) Soldadura en Columnas.....	129
Figura 5. 1	Diseño de Junta y Número de Pases de Soldadura.....	131
Figura 5. 2	Tamaño de Cordón de Soldadura.....	132
Figura 5. 3	Área Calculada con Ayuda de Auto CAD.....	132
Figura 5. 4	Diseño de Junta.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1	Metales Soldables SAW .....	17
Tabla 2. 1	Posiciones para Soldadura en Ranura .....	35
Tabla 2. 2	Posiciones para Soldadura a Filete .....	36
Tabla 2. 3	Agrupamiento del Metal Base; Numero P y S .....	49
Tabla 3. 1	Áreas y Volúmenes del Depósito de Metal de Soldadura .....	67
Tabla 3. 2	Áreas y Pesos del Depósito de Metal de Soldadura .....	69
Tabla 3. 3	Costo del Servicio de Distribución Eléctrica .....	74
Tabla 3. 4	Factor de Operación .....	76
Tabla 3. 5	Eficiencia de Aportación .....	78
Tabla 3. 6	Longitud por Peso de Electrodo Sólido en Varios Tipos y Tamaños	79
Tabla 3. 7	Consumo de Fundente de Acuerdo a la Tensión de Arco .....	82
Tabla 4. 1	Funciones de Propulsión .....	89
Tabla 4. 2	Características Técnicas de Fuente de Soldadura por Arco Sumergido .....	100
Tabla 4. 3	Características de Conexión a la Red .....	101
Tabla 4. 4	Datos Técnicos .....	103
Tabla 4. 5	Características Técnicas .....	106
Tabla 4. 6	Especificación de Motor A6 VEC .....	110
Tabla 4. 7	Especificaciones de la Corredera A6.....	112
Tabla 4. 8	Especificaciones del Dispositivo de Seguimiento de Costura.....	113
Tabla 4. 9	Datos Técnicos .....	118
Tabla 4. 10	Cantidad de Material para Columnas .....	127
Tabla 4. 11	Cantidad de Material para Una Columna .....	127
Tabla 5. 1	Costos de Energía Eléctrica por Cada Pase .....	136
Tabla 5. 2	Cuadro de Costos Unitarios.....	143
Tabla 5. 3	Tarifa de Equipos.....	144
Tabla 5. 4	Tarifas Mano de Obra.....	145
Tabla 5. 5	Tarifa de Materiales .....	145
Tabla 5. 6	Tarifa de Acero .....	145
Tabla 5. 7	Rubro de Suministro de acero Estructural.....	146

Tabla 5. 8	Rubro de Fabricación de Columnas .....	147
Tabla 5. 9	Presupuesto de Fabricación .....	148
Tabla 6. 1	Inversión del Equipo ESAB CaB 300 S .....	151
Tabla 6. 2	Depreciación y Valor Residual.....	151
Tabla 6. 3	Activos Intangibles.....	152
Tabla 6. 4	Activos Tangibles e Intangibles .....	152
Tabla 6. 5	Amortización de Activos Intangibles .....	153
Tabla 6. 6	Mano de Obra y Salario.....	154
Tabla 6. 7	Detalle Beneficios Sociales de Mano de Obra.....	154
Tabla 6. 8	Detalle Mano de Obra Anual .....	155
Tabla 6. 9	Mano de Obra Directa e Indirecta.....	155
Tabla 6. 10	Detalle de Costos Fijos Mensuales .....	155
Tabla 6. 11	Costos Fijos Anuales.....	156
Tabla 6. 12	Detalle de Costos Variables Mensuales .....	156
Tabla 6. 13	Costos Variables Anuales .....	157
Tabla 6. 14	Ingreso por Ventas Anuales .....	157
Tabla 6. 15	Inversiones .....	158
Tabla 6. 16	Crédito y Tasa de Interés .....	158
Tabla 6. 17	Cuotas Anuales de Crédito.....	158
Tabla 6. 18	Tabla de Costos Fijos y Variables .....	159
Tabla 6. 19	Utilidad Neta.....	159
Tabla 6. 20	Fuentes .....	160
Tabla 6. 21	Usos.....	160
Tabla 6. 22	Valores de Inicio para Evaluación del Proyecto .....	162
Tabla 6. 23	Valores Presente de Flujo de Caja.....	163
Tabla 6. 24	Tasa Interna de Retorno.....	164

## RESUMEN

El presente trabajo busca determinar los costos de soldadura en la fabricación de elementos estructurales exclusivamente con proceso de soldadura por arco sumergido en la versión automática, con la aplicación de un equipo de soldadura mecanizada de última generación; abarcando de esta forma también la inversión en el equipo y su posible tiempo de retorno de capital.

En el primer capítulo se describe íntegramente el proceso de soldadura por arco sumergido. En este capítulo se describe los conceptos y definiciones que rigen el proceso de soldadura por arco sumergido, conjuntamente con una generalización del equipo para soldadura por arco sumergido; además, de los consumibles que se utilizan en este proceso.

En el segundo capítulo se abarca el estudio de la elaboración, calificación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores u operadores de soldadura, es estrictamente enfocado al Proceso de Soldadura por Arco Sumergido (SAW).

En el tercer capítulo se detalla las definiciones y criterios como factores que están presentes en el proceso de soldadura por arco Sumergido.

En el cuarto capítulo se muestra en detalle la descripción del equipo utilizado, las primeras pruebas de manipulación del equipo, afinación de parámetros de soldadura, así como también las pruebas realizadas para la calificación del procedimiento de soldadura por arco sumergido; y, la calificación del operador de soldadura. Además se presenta el proceso de fabricación de 22 vigas-columnas que se

utilizaron en la fabricación del nuevo galpón para la industria petrolera en la Región Amazónica.

En el quinto capítulo, se hace una valorización de costos de soldadura por arco sumergido mediante la utilización de tablas y aplicando unas pocas fórmulas de fácil resolución obteniendo así las mejores aproximaciones en la práctica real.

En el sexto capítulo se analiza estimaciones de producción y de lo que se espera en el futuro, los beneficios y costos que se asocian a un proyecto como la adquisición del equipo de soldadura por arco sumergido. En otras palabras en este capítulo se muestra el destino de los recursos y las ventajas que se perciben, en torno a la adquisición del equipo de soldadura por arco sumergido ESAB CAB 300 S.

En el séptimo capítulo se finaliza el proyecto mediante las conclusiones y recomendaciones respectivas, obtenidas por el estudio realizado para la determinación de costos de soldadura por arco sumergido en la fabricación de elementos estructurales.

## PRESENTACIÓN

En la actualidad la soldadura ha pasado a ser una rama tecnológica de punta, que es de gran ayuda e influencia dentro del área de producción y mantenimiento durante las últimas décadas.

El presente proyecto de titulación presenta la calificación de procedimiento y calificación de desempeño del operador de soldadura; como elementos que anteceden la evaluación de costos para el proceso de soldadura por arco sumergido; además de esta forma se contempla los requerimientos a cumplir para la obtención de una soldadura de calidad.

La previa calificación de procedimiento de soldadura por arco sumergido y la calificación de desempeño del operador de soldadura; muestran la importancia de la aplicación de códigos internacionales como AWS D1.1 y la ASME IX, y de la mano su correcto manejo para una aplicación de los códigos exitosa.

Este proyecto resuelve el costo de metro lineal, y por kilogramo de soldadura depositado en la junta; como consecuencia del estudio de todos los factores y variables presentes en el proceso de soldadura por arco sumergido. Además de que se determina la viabilidad económica del proyecto también se determina el periodo de retorno de capital que la empresa asumió al adquirir el equipo de soldadura por arco sumergido.



# CAPÍTULO I

## SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

El estudio dirigido al proceso de soldadura por arco sumergido requiere de conocimientos previos sobre los componentes involucrados que a su vez gobiernan este proceso.

Por consiguiente en este capítulo se describe los conceptos y definiciones que rigen el proceso de soldadura por arco sumergido, conjuntamente con una generalización del equipo para soldadura por arco sumergido; además, de los consumibles que se utilizan en este proceso.

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación, el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático. El arco es cubierto y protegido por un polvo granular y fusible, conocido como fundente o flux, el mismo que es un compuesto de silicatos y minerales.

El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento en los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico. Físicamente, haciendo que la escoria proteja al baño de soldadura de la acción de los gases atmosféricos como el oxígeno; por ejemplo, formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápida. Metalúrgicamente, impidiendo pérdidas de elementos de aleación, compensando o agregándolos al metal depositado. El resto del flux o fundente, no fundido, se recoge tras el paso del arco para su reutilización. Este proceso está totalmente automatizado y permite obtener grandes rendimientos.

El arco eléctrico que se forma produce el calor necesario para fundir el metal base, el alambre y el fundente, que cae por gravedad cubriendo la zona de soldadura.

Como el arco no es visible directamente por estar cubierto, el proceso se denomina Soldadura por Arco Sumergido, también llamado proceso SAW (*Submerged Arc Welding*), no observándose durante la operación de soldadura ni el arco, ni chispas. El alambre es alimentado desde un rollo o carrete que contiene el metal de aporte.

La soldadura se realiza en las posiciones plana y horizontal. El proceso se emplea para soldar aceros al carbono, aceros de baja aleación y alta resistencia, aceros templados y enfriados por inmersión y en muchos tipos de aceros inoxidables. También se aplica para recubrimientos duros y reconstrucción de piezas. Son soldables o aplicables a espesores de placa o chapa desde el calibre 1.6 hasta 12.7 [mm] (1/16 hasta 1/2 [in]) sin preparación de bordes; y con preparación de bordes en multipases, con un apropiado diseño de la junta y sin refuerzo, el espesor máximo es prácticamente ilimitado.

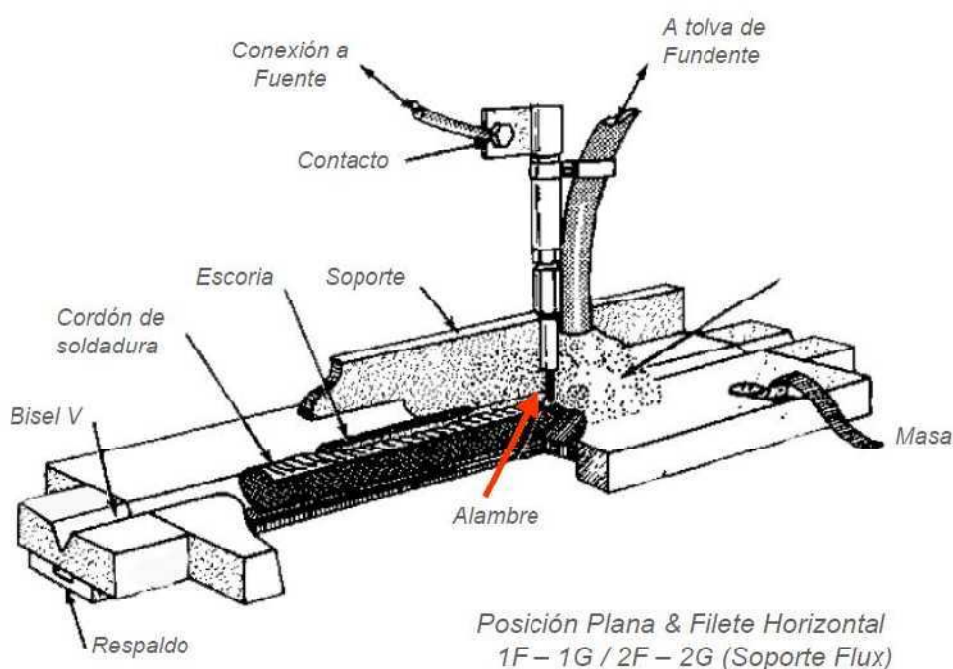


Figura 1.1 Proceso de Soldadura por Arco Sumergido

## 1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En este proceso de soldadura se tiene que el extremo de un electrodo continuo de alambre desnudo se sumerge en un montículo de fundente que cubre la unión que se va a soldar. Un mecanismo alimentador de alambre introduce el electrodo en la

unión a una velocidad controlada, el alimentador se desplaza automáticamente a lo largo de la soldadura.

Se alimenta fundente ininterrumpidamente a cada instante adelante del electrodo y a su alrededor, distribuyéndolo uniformemente sobre la unión. “El calor producido por el arco eléctrico derrite progresivamente parte del fundente, el extremo del alambre y los bordes adyacentes del metal base, creando un charco de metal fundido debajo de una escoria líquida”<sup>1</sup>. Sobre el metal derretido flota el fundente protegiendo la zona de soldadura de la atmósfera, evitando así que los gases atmosféricos contaminen el metal de soldadura, además disuelve las impurezas del metal base y el electrodo que en ese entonces flotan sobre el charco, contribuye también agregando ciertos elementos de aleación al metal de soldadura. El arco eléctrico es la fuente de calor predominante, aunque el fundente líquido puede transferir algo de corriente eléctrica entre el alambre y el metal base.

A medida que avanza la zona de soldadura a lo largo de la junta, se enfría y solidifica el metal de soldadura y luego el fundente líquido, formando una franja de soldadura con una capa superficial protectora de escoria. Es importante eliminarla por completo, antes de realizar cualquier otro pase.

Algunos de los factores que establecen si es factible o no utilizar el proceso de soldadura por arco sumergido son:

- Composición química y propiedades mecánicas que debe tener el cordón de soldadura
- Espesor del metal base a soldar
- Accesibilidad de la unión
- Posición de la junta a soldar
- Frecuencia o cantidad de soldadura que se van a efectuar

---

<sup>1</sup> AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY); Manual de Soldadura; Octava edición; Tomo 1; Prentice-Hall Hispanoamericana; México.

### **1.3. MÉTODOS GENERALES**

El proceso de soldadura por arco sumergido se lo puede aplicar en tres modos distintos:

- Semiautomático
- Automático
- Mecanizado

En cualquiera de estos modos es necesario colocar la junta de soldadura de tal forma que el charco de soldadura y el fundente permanezcan en su sitio hasta solidificarse. Para satisfacción de este requisito existen o se pueden construir varios tipos de fijaciones y equipos de posicionamiento, denominados mecanismos o JIGS de soldadura.

#### **1.3.1. SOLDADURA SEMIAUTOMÁTICA**

Se realiza con una pistola manual soldadora que suministra el electrodo así como también el fundente; el electrodo es impulsado por un alimentador de alambre, mientras que el fundente se lo suministra mediante la caída por gravedad desde una tolva montada en la pistola o a su vez a través de una manguera que alimenta el fundente a presión. La conducción de este método es manual.

#### **1.3.2. SOLDADURA AUTOMÁTICA**

Se efectúa con un equipo que realiza la operación de soldadura sin que un operador tenga que vigilar y ajustar continuamente los controles. El equipo de autorregulación es costoso pero se puede justificar alcanzando volúmenes de producción elevados.

#### **1.3.3. SOLDADURA MECANIZADA**

Se emplea un equipo que realiza toda la operación de soldadura con la vigilancia de un operador; el cual coloca apunto el equipo ajustando los controles, fijando la velocidad de cada soldadura, además inicia y detiene la soldadura.

## 1.4. VARIACIONES DEL PROCESO

El proceso de soldadura por arco sumergido puede manejar una variedad de combinaciones de alambre y fundente, disposiciones de uno o varios electrodos, y empleo de fuentes de potencia de corriente alterna o corriente continua. Este proceso se aplica a una amplia gama de materiales y espesores. Para controlar el perfil de soldadura e incrementar la tasa de aportación respecto a las de operación de un solo arco es posible usar diversas configuraciones de múltiples arcos. Los cordones de soldadura pueden ir desde franjas anchas con poca penetración para trabajos de recubrimiento hasta franjas angostas con penetración profunda para uniones gruesas.





**Figura 1.2** Variaciones del Proceso de Soldadura por Arco Sumergido: (a) disposición de un electrodo, (b) disposición de electrodo gemelo, y; (c) disposición de múltiples electrodos.

## 1.5. EQUIPO

El proceso de arco sumergido es, principalmente llevado a cabo con un equipo totalmente mecanizado. Para incrementar la productividad un arreglo con varios electrodos o multi-alambre puede ser implementado. Por su alto poder de aportación de metal de aporte, es particularmente conveniente para las soldaduras rectas de gran longitud con excelente calidad en posición plana y horizontal.

El equipo para soldadura por arco sumergido en su forma general posee:

- Fuente de potencia,
- Sistema de suministro de electrodo,
- Sistema de distribución de fundente,
- Mecanismo de desplazamiento,
- Sistema de control del proceso, y;
- Accesorios como posicionadores y viradores

### 1.5.1. FUENTE DE POTENCIA

El papel operativo que desempeña la fuente de potencia es muy importante. Existen varios tipos de fuentes de potencia apropiados para el proceso de soldadura por arco sumergido.

Las fuentes de potencia de corriente continua (cc) pueden ser del tipo de transformador-rectificador o de motor-generador; y proporcionar salida de voltaje constante (cv), corriente constante (cc) o salida voltaje constante/corriente constante (cv/cc) seleccionable.

Las fuentes de potencia de corriente alterna (ca) por lo general son del tipo de transformador, y pueden suministrar una salida de corriente constante (cc) o bien de voltaje constante (cv) onda cuadrada.

En general para el proceso de soldadura por arco sumergido SAW se puede emplear tanto fuentes de poder con corriente continua como con corriente alterna; para cualquiera de los casos la fuente de poder debe poseer un ciclo de trabajo cercano al 100%, ya que las operaciones con soldadura por arco sumergido son continuas y prolongadas.



**Figura 1. 3** Fuentes de Potencia Marca ESAB

#### **1.5.1.1. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Voltaje Constante**

Estas fuentes de potencia se usan para SAW semiautomática con amperajes de 300 a 600 [A], acompañados con la utilización de electrodos de 1.6, 2.0 y 2.4 [mm] de diámetro; mientras que para SAW automática con amperajes de 300 a 1000 [A], acompañados con la utilización de electrodos de 2.4 a 6.4 [mm] de diámetro.

Con amperajes mayores a los 1000 [A] no es recomendable este tipo de fuentes de potencia, ya que con niveles de corriente sobre los 1000 [A] el golpe de arco puede ser severo.

Este tipo de fuentes cuentan con autorregulación, de modo que se pueden usar con alimentadores de alambre de velocidad constante.

#### **1.5.1.2. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Corriente Constante**

Este tipo de fuentes se pueden usar para el mismo intervalo de aplicaciones que las fuentes de corriente continua a voltaje constante. Se las puede conseguir en modelos de transformador-rectificador así como también como motor-generador.

Estas fuentes no poseen autorregulación razón por la cual deben usarse con un control de alimentación de alambre variable que detecte el voltaje. Es decir, la función del control es ajustar la velocidad de alimentación del alambre en respuesta a variaciones del voltaje en el arco.

#### **1.5.1.3. Fuentes de Potencia de Corriente Continua a Voltaje Constante/Corriente Constante**

Estas fuentes de potencia conmutan entre voltaje constante y corriente constante, aunque existen fuentes con especificaciones de hasta 1500 [A] las más comunes son aquellas que operan con amperajes menores a 650 [A].

Son versátiles ya que también pueden usarse en procesos como la Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo Revestido (SMAW), Soldadura por Arco Eléctrico con Atmosfera Protectora Gaseosa (GMAW), Soldadura por Arco Eléctrico con Electrodo no Consumible de Tungsteno y Atmosfera Protectora Gaseosa (GTAW), y; Soldadura por Arco Eléctrico con Alimentación Continua de Alambre con Núcleo de Fundente (FCAW).

#### **1.5.1.4. Fuentes de Potencia de Corriente Alterna**

Por lo general son transformadores con especificaciones entre 800 a 1500 [A] con ciclo de trabajo del 100%, y conectando este tipo de fuentes en paralelo se pueden obtener amperajes más altos.

Son del tipo de corriente constante por lo que el control de alimentación de alambre debe de ser de velocidad variable con detección del voltaje en el arco.



Los usos más comunes para este tipo de fuentes de potencia son las aplicaciones de corriente elevada; es decir para múltiples alambres, uniones con escasa separación y en definitiva para aplicaciones en las que el golpe de arco es un problema.

### **1.5.2. SISTEMA DE SUMINISTRO DE ELECTRODO**

El mecanismo de alimentación de alambre comprende un motor alimentador y rodillos impulsores de alambre, para conducir el electrodo continuo hacia el arco manteniendo así el voltaje constante.

El motor alimentador por lo general suele ser del tipo imán permanente, con caja de engranajes reductores integrada. Un motor de tipo imán permanente tiene su funcionamiento basado en imanes permanentes;

Los rodillos alimentadores pueden tener un rodillo impulsor y otro de marcha en vacío, aunque hay combinaciones de dos o cuatro rodillos impulsores; para sistemas de alimentación con cuatro rodillos de alimentación se tiene un mínimo deslizamiento del alambre. Estos rodillos alimentadores pueden ser con ranuras en “V” dentada o con ranura en “V” lisa.

### **1.5.3. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE FUNDENTE**

Este sistema tiene el objetivo de depositar el fundente por delante del electrodo en forma concéntrica o a su alrededor.

El sistema en términos generales comprende un contenedor o tolva en donde se alojara el fundente, el cual luego se transfiere a la pieza de trabajo a través de un tubo de fundente que lo desaloja a través de una tobera. El sistema de abertura y cierre es manual por medio de una válvula que se encuentra en el contenedor como lo muestra en la figura 1.4.



**Figura 1. 4** Sistema de Distribución de Fundente

#### **1.5.4. UNIDADES DE RECUPERACIÓN DE FUNDENTE**

Es un sistema que como energía primaria es la energía neumática en procesos de soldadura por arco sumergido semiautomático y automático; el cual tiene como fin mejorar el aprovechamiento del fundente no fusionado, mitigar la limpieza manual, separar con mallas la escoria fusionada conjuntamente con otros materiales de mayor tamaño; y, recircular el fundente hacia el contenedor.



Figura 1.5 Sistema de Recuperación de Fundente

### 1.5.5. MECANISMO DE DESPLAZAMIENTO

Generalmente se efectúa por medio de un carro tipo tractor, un carro de riel lateral o un manipulador.

#### 1.5.5.1. Equipo de Desplazamiento con Carro Tipo Tractor

Es muy utilizado en uniones de gran longitud con una geometría recta o suavemente curvada, este sistema viaja sobre rieles colocados a un lado de la unión o sobre la misma pieza de trabajo.

El cabezal de soldadura, el control, el suministro del alambre y la tolva de fundente se encuentran montadas en el carro tipo tractor; como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1. 6** Equipo de Desplazamiento con Carro Tipo Tractor Marca ESAB

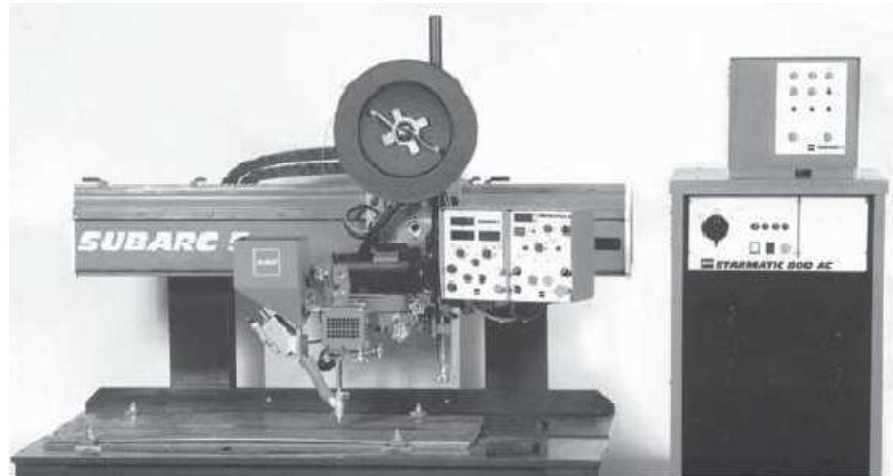
Este tipo de equipos con el mencionado sistema de desplazamiento son muy útiles para aplicaciones de campo; ya que en estas circunstancias es muy probable que la pieza de trabajo no pueda moverse.

#### **1.5.5.2. Equipo de Desplazamiento con Carro de Riel Lateral**

Los equipos de soldadura por arco sumergido de desplazamiento con carro de riel lateral, tienen únicamente desplazamiento lineal.

Este tipo de sistema permanece fijo, mientras que el metal base a ser soldado debe llevarse a la estación de soldadura.

El cabezal de soldadura, el suministro del alambre, la tolva de fundente; y, ciertas veces el control se encuentran montadas en el carro; como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.7** Equipo de Desplazamiento con Carro de Riel Lateral

Este tipo de equipos con el mencionado sistema de desplazamiento son muy útiles para aplicaciones de planta.

### **1.5.5.3. Equipo de Desplazamiento con Manipulador**

Este equipo de desplazamiento es similar al equipo de desplazamiento con carros de riel lateral, ya que el cabezal de soldadura se encuentra fijo; es decir este cabezal de soldadura es el efector final del manipulador, que en la práctica es más versátil debido a que puede moverse a lo largo de tres ejes.

El cabezal de soldadura contiene el sistema de suministro de alambre, la tolva de fundente, el control y en ocasiones el lugar donde el operador viaja sobre el manipulador.

En la siguiente figura se muestra un equipo de soldadura por arco sumergido donde el desplazamiento es gracias a un manipulador.



**Figura 1. 8** Equipo de Desplazamiento con Manipulador

### **1.5.6. SISTEMA DE CONTROL DEL PROCESO**

Para cuando se trabaja con fuentes de potencia de voltaje constante; en soldadura por arco sumergido semiautomático se tiene sencillos controles de velocidad de alambre, que no pasan de ser analógicos de una sola perilla que mantienen constante la velocidad de alimentación del alambre.

Se tiene sistemas de control enfocados en mantener el voltaje de arco constante con el ajuste de la velocidad de alimentación de alambre, este tipo de sistema es el adecuado para cuando se trabaja con fuentes de potencia de corriente constante.

Hoy por hoy en el mercado existen controles para soldadura por arco sumergido automático digitales; destinados a utilizarse con fuentes de potencia de voltaje constante. Este tipo de controles permite ajustar la velocidad de alimentación del alambre, iniciar y detener la soldadura, controlar el retardo inicial y el llenado de cráteres.

Todos los controles digitales cuentan con medidores de corriente, velocidad de alimentación de alambre y voltaje de igual forma digitales.

Los controles básicos consisten en un control de velocidad de alimentación del alambre, un interruptor para iniciar y detener la soldadura, un conmutador para el desplazamiento manual/automático y un control para la alimentación de alambre.

### 1.5.7. POSICIONADORES Y VIRADORES

Estos sistemas tienen la función de posicionar como su nombre lo indica a la pieza de trabajo que para este caso son cilindros, calderas, tubería y piezas circulares en general; de forma alineada a un ángulo determinado a partir del diámetro del elemento circular a ser soldado. Existen posicionadores compuestos de rodillos giratorios (ver Figura 1.9 a) los cuales, garantizan una tracción correcta ya que los rodillos de apoyo están cubiertos de una goma a base de poliuretano para garantizar una tracción correcta entre los rodillos y la pieza circular que se esté soldando.

También se tienen posicionadores de inclinación y giratorios para colocar piezas irregulares de modo que el área por soldar quede en la posición plana (ver Figura 1.9 b), y finalmente se tiene unidades de cabeza-cola que no vienen a ser más que una plataforma giratoria (ver Figura 1.9 c).

Sus motores son contralados a partir de un inversor de frecuencia, el cual garantiza una velocidad de rotación precisa y constante, a demás de un control de torque en varias velocidades.



(a)



**Figura 1.9** Posicionadores y Viradores: (a) Virador de Rodillos giratorios, (b) Posicionador de Inclinación y Giratorio, y; (c) Posicionador de Plataforma Giratoria

## 1.6. MATERIALES

Para casi todos los materiales presentes en los ensambles de la actualidad se puede emplear soldadura por arco sumergido. La mayor parte de los aceros y aleaciones se los puede soldar fácilmente con alambres y fundentes comerciales, aunque algunos materiales base especiales requieren electrodos y fundentes con composición química especiales para conferir a la unión soldada propiedades exclusivas.

### 1.6.1. MATERIAL BASE

La soldadura por arco sumergido es apropiada para ciertos grupos de metales y aleaciones, por lo que los metales que pueden ser soldados con este proceso se muestran en la siguiente tabla:



**Tabla 1. 1** Metales Soldables SAW<sup>2</sup>

<b>MATERIAL BASE</b>	<b>SOLDABILIDAD</b>
Fierro Forjado	Soldable
Acero de Bajo Carbono	Soldable
Acero de Baja Aleación	Soldable
Medio y Alto Carbono	Posible pero no Popular
Acero de Aleaciones	Posible pero no Popular
Acero Inoxidable	Soldable

### 1.6.2. ELECTRODOS

Son los elementos responsables de producir los depósitos de soldadura que coinciden con los metales base de acero al carbono, acero de baja aleación, aceros de alto carbono, aceros de aleación especial, aceros inoxidables, aleaciones de níquel y aleaciones especiales para aplicaciones de recubrimiento.

Estos electrodos se suministran como alambre sólido desnudo y como electrodos compuestos de un núcleo metálico. Suelen estar recubiertos de cobre de modo que aumentan la conductividad eléctrica, prolongando la vida útil en almacenamiento; y, además de reducir el desgaste por rozamiento con el tubo de contacto.

Los electrodos normalmente se empacan en carretes o bobinas con pesos que varían de acuerdo al fabricante. El diámetro de estos electrodos para soldadura por arco sumergido van de 1.6 a 6.4 [mm] (1/16 a ¼ [in]).

### 1.6.3. FUNDENTES<sup>3</sup>

Material no metálico que se usa para proteger el charco de soldadura y el metal sólido de la contaminación atmosférica.

Entre las principales funciones del fundente para la soldadura de arco sumergido se enumera las siguientes:

- Protege la soldadura fundida de la interacción con la atmósfera.

<sup>2</sup> Mosquera Galo, Ayala Daniel; "ANÁLISIS DE LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR EN ACEROS HIPOEUTECTOIDES"; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; EPN; Ecuador; 2011

<sup>3</sup> www.drweld.com

- Limpia y desoxida la soldadura fundida.
- Ayuda a controlar las propiedades químicas y mecánicas del metal de aporte en la soldadura.

A los fundentes para el proceso de soldadura por arco sumergido se los puede clasificar de dos formas, donde la primera viene dada por el método de elaboración, y la segunda por el efecto en los resultados finales de la operación de soldadura.

### **1.6.3.1. Fundentes Clasificados por el Método de Elaboración**

Existen tres métodos importantes para elaborar los fundentes fusionados, granulados aglomerados y mezclados mecánicamente.

#### *1.6.3.1.1. Fundentes Fusionados*

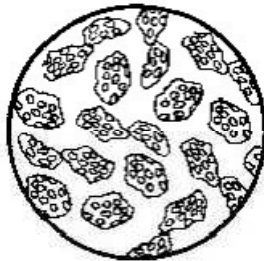
Como su nombre lo indica, son fabricados mezclando los ingredientes para luego fundirlos en un horno eléctrico de alta temperatura hasta formar un líquido homogéneo. Este fundente líquido al enfriarse vuelve a su estado sólido para luego ser triturado en un molino hasta lograr la granulometría adecuada al formato requerido. Su ventaja principal es que debido a su alta dureza, producto del proceso de fundición a alta temperatura de 1614 °C (3000 °F), es que el grado de hidroscofia es casi nulo, es muy difícil que este material absorba humedad, no obstante alguna humedad podría condensarse en las superficies de los granos, la cual es de fácil manejo pudiéndose eliminar a una muy baja temperatura, 145 °C (300 °F) por una hora, el proceso de fundición también logra que los componentes se mezclen químicamente en forma uniforme, esto proporciona un rendimiento estable de la soldadura, incluso a altos niveles de corriente, también permiten una velocidad de avance más alta durante el proceso de soldadura.



**Figura 1. 10** Granulometría de Fundente Fusionado

### 1.6.3.1.2. *Fundentes Granulados Aglomerados*

Se fabrican mezclando en seco los ingredientes del fundente y luego aglomerándolos en una mezcla con silicato líquido, entonces los gránulos del fundente son horneados a una temperatura relativamente baja para eliminar el agua del silicato líquido. Este tipo de fundente puede contener partículas metálicas desoxidantes las cuales pueden favorecer a la buena operación sobre óxido y escamas metálicas.



**Figura 1. 11** Granulometría de Fundente Granulado Aglomerado

Una desventaja notable de este tipo de fundente es su alta capacidad higroscópica, mientras están almacenados son capaces de absorber altas cantidades de humedad si no están apropiadamente aislados y acondicionados. Un procedimiento eficaz para eliminar la humedad, si se sospechara de su existencia, es el de hornear los paquetes de fundente sin abrir en hornos para electrodos a una temperatura de entre 260 °C (500 °F) y 427 °C (800 °F) durante un tiempo no mayor de 6 horas, lo que debería remover toda la humedad existente, muchos operadores prefieren hacer este procedimiento con todos los paquetes de fundente, incluyendo los nuevos, como una forma de asegurar el resultado de sus soldaduras y garantizando así que estén libres de contaminación.

### 1.6.3.1.3. *Fundentes Mezclados Mecánicamente*

Para producir un fundente de mezcla mecánica, dos o más fundentes fusionados o aglomerados se mezclan en la proporción necesaria para obtener resultados deseados.

La ventaja de este tipo de fundentes es la ventaja de mezclar fundentes comerciales para operaciones de soldadura críticas o patentadas.

La contra de esto es que presentan desventajas como la segregación de los fundentes combinados durante; el embarque, almacenamiento, manejo, dentro de los sistemas de alimentación y recuperación durante el proceso de soldadura; y, finalmente la inconsistencia del fundente combinado de una mezcla a otra.

### **1.6.3.2. Fundentes Clasificados Según los Resultados Finales de la Operación de Soldadura**

#### *1.6.3.2.1. Fundentes Activos*

Los fundentes activos son aquellos que causan un cambio sustancial en la composición química final del metal de soldadura. Los fundentes fundidos generalmente aportan grandes cantidades de Magnesio y Silicio al material de aporte, incrementando la resistencia, pero cuando se usa un fundente activo para hacer soldaduras de multipases, puede ocurrir una excesiva acumulación de estos componentes resultando en una soldadura muy vulnerable a grietas y fracturas, los fundentes activos deben ser usados limitadamente en las soldaduras con pasos múltiples, especialmente sobre óxido y escamas metálicas, un cuidado especial en la regulación del voltaje es recomendado cuando se usa este tipo de fundentes en el procedimiento de soldadura con pasos múltiples para evitar la saturación de Magnesio y Silicio, en líneas generales, no es recomendado el uso de fundentes activos en soldaduras de pasos múltiples en láminas de un diámetro superior a los 25.4 [mm] (1[in]).

#### *1.6.3.2.2. Fundentes Neutros*

Como su clasificación misma lo dice, este tipo de fundentes no causan cambios significativos en la composición química del metal de aporte, ni siquiera con variaciones de voltaje. Los fundentes neutros no afectan la calidad de soldadura indiferentemente del voltaje o número de pases en la soldadura que se aplique. Como regla general, los fundentes neutros deben ser parte de las especificaciones de las soldaduras con pases múltiples.

### **1.6.4. TAMAÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE FUNDENTE**

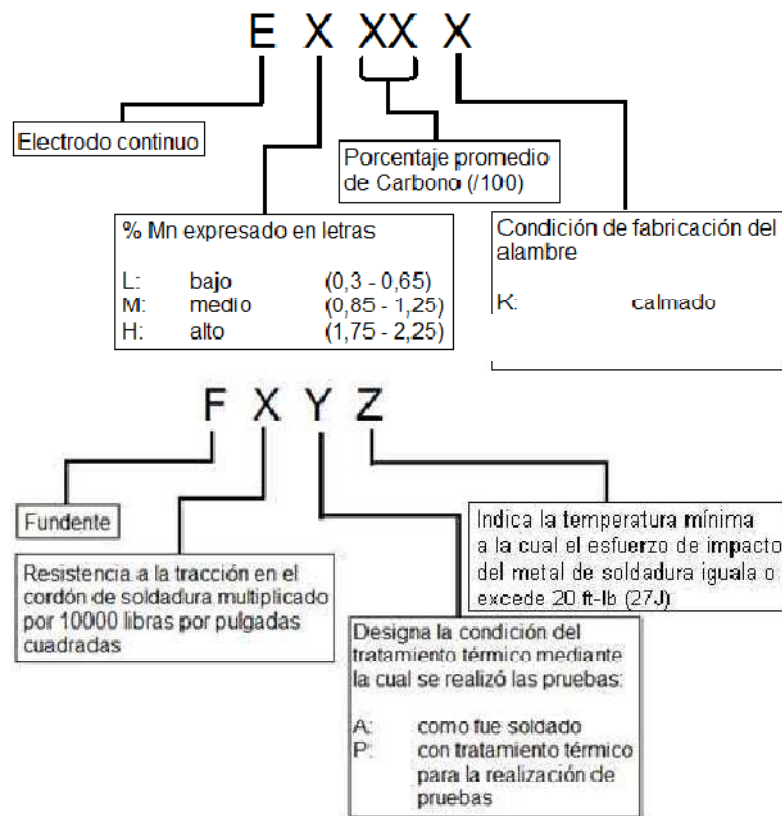
Estas características de tamaño y distribución de partículas del fundente; afectan la alimentación y recuperación durante el proceso de soldadura. Algunos fabricantes incluyen en sus paquetes información de tamaño de partículas en

forma de dos números de malla; en donde, los números representan los tamaños más grande y pequeño de partículas presentes.

Estos tamaños de partícula no proporcionan toda la información que podría necesitarse, ya que en realidad dichos números no mencionan si se trata de un fundente de grano grueso con algo de fino o de grano fino con algo de grueso; razón por la cual es mejor acomodarse a fabricantes de fundentes que ofrecen un solo tamaño de partícula adaptado a una área general de aplicación.

#### **1.6.5. COMBINACIONES FUNDENTE ELECTRODO**

El código AWS A5.17 así como también el Código ASME Sección II, Parte C Especificación de Materiales de Soldadura en la parte SFA-5.17 delinean criterios sobre la aceptación que cumplen los electrodos y fundentes para soldadura por arco sumergido de aceros al carbono. Los electrodos sólidos se clasifican con base a su composición química que viene dado por el fabricante, en tanto que los electrodos compuestos se clasifican según la química del depósito. Los fundentes se clasifican con base en las propiedades del metal de soldadura que se obtienen cuando se usan electrodos específicos. A continuación se muestra el sistema de clasificación para combinaciones fundente-electrodo:



**Figura 1. 12** Denominación de los Electrodo Sólidos-Fuentes para SAW según la AWS<sup>4</sup>

La elección del electrodo influye de manera más importante sobre la química del metal de soldadura depositado.

La elección del electrodo influye de manera más importante sobre la química del metal de soldadura depositado, mientras que el fundente afecta más a las propiedades de impacto Charpy de muesca en "V" y la soldabilidad global de la combinación del electrodo-fundente.

Los electrodos de acero al carbono se definen como aceros que tienen adiciones de Carbono de hasta 0.29%, hasta 1.65% de Manganeso, hasta 0.60% de Silicio; y, de hasta 0.60% de Cobre, sin especificarse intervalos para otros elementos de aleación.

Los fundentes se clasifican con base en la composición química y en las propiedades mecánicas del metal de soldadura depositado con un electrodo de una clasificación específica. La selección de los consumibles de SAW dependerá

<sup>4</sup> AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY); Manual de Soldadura; Octava edición; Tomo 1; Prentice-Hall Hispanoamericana; México.

de las propiedades químicas y mecánicas que deba tener el componente que se fabrica, de las posiciones de soldadura (1G, 2G, 2F), y de la preparación que deba recibir la superficie del acero a ser soldado.

Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos al momento de seleccionar consumibles para SAW:

- Selección de un fundente neutro frente a un activo; un fundente neutro añade poco o nada de elementos de aleación al depósito de soldadura, mientras que un fundente activo agrega elementos de aleación al depósito de soldadura. Los fundentes activos en la mayoría de aplicaciones son destinados a soldadura por una sola pasada; la aplicación en múltiples pasadas está limitada ya que hay una posibilidad de acumulación excesiva de elementos de aleación en el metal de soldadura depositado.
- Requerimientos de propiedades mecánicas exigidas incluyendo la prueba de impacto.
- Si los fundentes que se estén considerando tengan una composición química equilibrada de acuerdo a la clasificación del electrodo dado.

## **1.7. APLICACIONES GENERALES DEL PROCESO<sup>5</sup>**

El proceso de soldadura por arco sumergido SAW es utilizable en una amplia gama de aplicaciones industriales. Su alta calidad de soldadura, sus tasas elevadas de aportación, la penetración profunda y la adaptabilidad a la operación automática; hacen que el proceso sea apropiado para ensambles soldados grandes.

Su mayor utilización se da en la fabricación de recipientes a presión, construcción de barcos, barcasas, fabricación de tuberías y la manufactura de miembros estructurales que requieren largas longitudes de soldadura.

La soldadura por arco sumergido se emplea en uniones a tope en posición plana, uniones de filete en posición plana y horizontal; y, para recubrimientos en la

---

<sup>5</sup> AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY); Manual de Soldadura; Octava edición; Tomo 1; Prentice-Hall Hispanoamericana; México.

posición plana. Pero si se cuenta con posicionadores y viradores es viable técnicamente también realizar soldaduras en uniones traslapadas y a tope en posición horizontal.

Con la ayuda de posicionadores y viradores como los contemplados en la figura 1.9 resulta muy viable técnicamente la soldadura en juntas para la pre-fabricación y fabricación de tubería y recipientes; estas soldaduras pueden ser realizadas en cordones de soldadura longitudinal y circunferencial, gracias a las bondades de manipulación que presentan dichos sistemas y accesorios.



**Figura 1. 13** Aplicación de proceso SAW en la Fabricación de Recipientes

## **1.8. VARIABLES DE OPERACIÓN EN EL PROCESO DE SOLDADURA SAW<sup>6</sup>**

Para obtener altas tasas de producción de soldadura conjuntamente con una alta calidad, es de vital importancia el control de las variables operacionales. Dentro de estas variables de operación para el proceso SAW se encuentran; amperaje, voltaje, velocidad de desplazamiento, diámetro del electrodo, inclinación de la boquilla, longitud libre del electrodo, ancho y espesor de la capa de fundente.

<sup>6</sup> AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY); Manual de Soldadura; Octava edición; Tomo 1; Prentice-Hall Hispanoamericana; México.



### **1.8.1. AMPERAJE DE SOLDADURA**

El amperaje de soldadura es aquella variable que mayor influencia presenta sobre el proceso SAW, ya que esta controla la tasa a la cual el electrodo es fundido, en otras palabras no es más que la tasa de aportación; además de la profundidad de penetración.

Los siguientes tres criterios corresponden al amperaje de soldadura:

- Al aumentar la corriente, también aumenta la penetración y la tasa de aportación.
- Corriente excesiva produce un arco de demasiada penetración, pudiendo perforar el metal base.
- Muy baja corriente de soldadura produce un arco inestable.

### **1.8.2. VOLTAJE DE SOLDADURA**

La variación a lo largo del arco eléctrico entre el electrodo y la pileta de metal de soldadura va de acuerdo al ajuste del voltaje de soldadura. El voltaje de soldadura tiene poco efecto en la tasa de aportación, principalmente determina la geometría de la sección transversal del cordón de soldadura y en si su apariencia.

El incremento del voltaje de soldadura con corriente y velocidad de desplazamiento constante, tiene los siguientes efectos:

- Producir una franja de soldadura ancha y plana.
- Aumenta el consumo de fundente.
- Tiende a reducir la porosidad causada por óxidos en el acero.

Un voltaje excesivo deriva en:

- Remoción dificultosa de escoria en soldadura de ranura.
- Cordón de soldadura ancho expuesto al agrietamiento.
- Soldadura cóncava que puede ser propensa al agrietamiento.

### **1.8.3. VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO**

Manteniendo la corriente, el voltaje de soldadura constante y variando la velocidad de desplazamiento, se tiene que los efectos siguen un patrón general:

- Disminuye el aporte de calor por unidad de longitud de soldadura.
- Decrece la tasa de aportación de metal de aporte por unidad de longitud de soldadura.
- La franja de soldadura en si es más pequeña, con menor refuerzo.

La penetración de la soldadura es afectada mas por la velocidad de avance que por cualquier otra variable que no sea la corriente. Esto es verdad excepto para velocidades de soldadura excesivamente lentas pudiendo causar corte, cordones convexos propensos a fisuras. La velocidad de soldadura está relacionada con la corriente y el tipo de fundente.

### **1.8.4. DIÁMETRO DEL ELECTRODO**

A una corriente determinada el tamaño del electrodo, afecta en la forma del cordón de soldadura y en la profundidad de penetración.

Todo electrodo de diámetro pequeño que presente flexibilidad de movimiento se lo utiliza con equipos semiautomáticos, además de ser recomendados para equipos de múltiples electrodos.

Para cubrir aberturas de raíz anchas es mejor un electrodo de diámetro grande, ya que esto influye en proporción directa a la tasa de aportación; al mismo tiempo que pueden transportar mayor cantidad de corriente, produciendo tasas de aportación a elevadas con amperajes elevados.

### **1.8.5. ANCHO Y ESPESOR DE LA CAPA DE FUNDENTE**

La anchura y el espesor de la capa de fundente influyen en el aspecto e integridad de la soldadura.

Si la capa de fundente es muy gruesa el arco estará demasiado inundado; y por ende resultará una soldadura con un acordonado áspero. Ahora si la capa de fundente es demasiado delgada, el arco no quedará sumergido por completo;

produciendo destellos que derivan en salpicaduras, además de tener un aspecto deficiente y poroso.

El espesor óptimo de la capa de fundente para cualquier conjunto de condiciones de soldadura, se lo puede establecer incrementando el flujo del mismo hasta que el arco de soldadura quede sumergido de modo que no exista la presencia de destellos; produciendo de esta forma que los gases salgan moderadamente alrededor del electrodo que en ocasiones se encenderán.

#### **1.8.6. TAMAÑO DEL ELECTRODO**

El tamaño del electrodo afecta la forma de la franja de soldadura y la penetración a una corriente determinada. El tamaño de electrodo es directamente proporcional con la capacidad de corriente que puede conducir, y por ende producir una mayor tasa de aportación. Mientras que ocurre todo lo contrario con pequeños diámetros de electrodo, los cuales por lo general se recomienda para equipos semiautomáticos debido a la flexibilidad de movimiento que presentan.

#### **1.8.7. EXTENSION DEL ELECTRODO**

La extensión del electrodo se convierte en una variable importante, cuando la densidad de corriente supera los  $125 \text{ [A/mm}^2\text{]}$ ; ya que el calentamiento por resistencia del tramo de electrodo que está entre el tubo de contacto y el arco incrementa la tasa de fusión del electrodo. Cuanto más larga sea la extensión, mayor serán el calentamiento y la rapidez de fusión.

Al desarrollar un procedimiento, un buen punto de partida es una extensión de electrodo de unas ocho veces el diámetro del electrodo. Conforme se afina el procedimiento, esta longitud se modifica hasta lograr la tasa de fusión del electrodo óptima con un amperaje fijo.

## CAPÍTULO II

### PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Obtener una unión de calidad implica, aplicar criterios regularizados internacionalmente y que son aceptados en nuestro país como lo son los códigos, estándares y especificaciones.

La calidad no es más que la conformidad medible con una especificación, y solo existe un camino para determinarla. Lo primero es la medición, lo segundo es la comparación con la especificación; y, lo tercero y último es la determinación de si se tiene o no una unión de calidad.

Para este capítulo el estudio de la elaboración, calificación de procedimientos de soldadura y calificación de soldadores u operadores de soldadura, es estrictamente enfocado al Proceso de Soldadura por Arco Sumergido (SAW).

#### 2.1. CÓDIGOS DE REFERENCIA

Un código es un cuerpo de leyes; de una nación, estado, industria, etc. agrupado de forma sistemática para su fácil referencia. Dentro de los códigos que se utilizaron figuran el código ASME Sección II MATERIALES, ASME Sección VIII División 1 REGLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RECIPIENTES A PRESIÓN, ASME Sección IX CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y BRAZING, y AWS D1.1 CÓDIGO DE SOLDADURA PARA ESTRUCTURAS EN ACERO.

##### 2.1.1. CÓDIGO ASME

El objetivo de las reglas del código ASME es suministrar una real y razonable protección a la vida y la propiedad, además de proporcionar un margen de deterioro de los equipos en servicio que conduzcan a un periodo de utilización razonablemente largo y seguro. En la formulación de estas reglas y en el establecimiento de las presiones máximas admisibles de diseño se consideran los materiales, los métodos de fabricación y construcción, el tipo de inspección y los accesorios de seguridad. El código contiene requisitos obligatorios, prohibiciones

específicas y guías no obligatorias para algunas actividades de construcción (diseño, materiales, fabricación, ensayos, inspección, pruebas, certificación y accesorios de alivio de presiones). El código no da indicaciones sobre todos los aspectos de estas actividades y por lo tanto no deberían ser considerados como prohibidos por el hecho de no estar especificadas.

El código ASME no da indicaciones de todas las tolerancias admisibles. Cuando haya dimensiones, tamaños u otros parámetros que no están especificados con tolerancias, estos valores serán considerados como nominales y las tolerancias admisibles o las variaciones locales podrán ser consideradas aceptables cuando estén basadas en los criterios de la buena ingeniería y las prácticas estándar según sea determinado por el diseñador.

El código ASME no es un manual y no puede reemplazar la educación, la experiencia y el uso del criterio de la buena ingeniería. Este criterio de la buena ingeniería se refiere al criterio técnico hecho por diseñadores con suficiente conocimiento y experiencia en la aplicación del código. El criterio de la buena ingeniería debe ser consistente con la filosofía del código y nunca deberá ser usado para invalidar o desatender un requisito obligatorio o una prohibición específica del código. Hay situaciones mandatorias que obligatoriamente hay que utilizar.

#### **2.1.1.1. COMPOSICIÓN DEL CODIGO ASME**

Debido a la variedad de aspectos que se consideran, el código tiene doce secciones, algunas de las cuales están divididas en sub-secciones o divisiones. A continuación se muestra la composición completa del código ASME de calderas y recipientes de presión, que incluye equipos nucleares y no nucleares.

SECCIÓN I. REGLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS DE POTENCIA

SECCIÓN II. MATERIALES

PARTE A-ESPECIFICACIONES DE MATERIALES FERROSOS

PARTE B-ESPECIFICACIONES DE MATERIALES NO FERROSOS

PARTE C-ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE  
SOLDADURA

PARTE D-PROPIEDADES (US Customary o SI)

SECCIÓN III.SUB-SECCIÓN NCA-REQUISITOS GENERALES DIVISIÓN 1 Y 2

SECCIÓN III.DIVISIÓN 1

SUB-SECCIÓN NB-Componentes Clase 1

SUB-SECCIÓN NC-Componentes Clase 2

SUB-SECCIÓN ND-Componentes Clase 3

SUB-SECCIÓN NE-Componentes Clase MC

SUB-SECCIÓN NF-Soportes

SUB-SECCIÓN NG-Estructuras de Soporte de Núcleo

SUB-SECCIÓN NH-Componentes Clase 1. Servicio a Altas  
Temperaturas

APÉNDICES

SECCIÓN III.DIVISIÓN 2-Recipientes de Presión y Contenedores en Concreto de  
Reactor

SECCIÓN III.DIVISIÓN 3-Sistemas Contenedores para Almacenamiento y  
Empaque para Transporte de Combustible Nuclear Usando,  
Materiales y Desechos de Alto Nivel Radioactivo

SECCIÓN IV.REGLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CALDERAS DE  
CALENTAMIENTO

SECCIÓN V.ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

SECCIÓN VI.REGLAS RECOMENDADAS PARA EL MANTENIMIENTO Y  
OPERACIÓN DE CALDERAS DE CALENTAMINETO

SECCIÓN VII. REGLAS RECOMENDADAS PARA EL MANTENIMIENTO Y  
OPERACIÓN DE CALDERAS DE POTENCIA

SECCIÓN VIII. DIVISIÓN 1- REGLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
RECIPIENTES A PRESIÓN

DIVISIÓN 2- REGLAS ALTERNATIVAS

DIVISIÓN 3- REGLAS ALTERNATIVAS PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DE RECIPIENTES DE ALTA PRESIÓN

SECCIÓN IX. CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y BRAZING

SECCIÓN X. RECIPIENTES DE PRESIÓN EN FIBRA DE PLÁSTICO  
REFORZADO

SECCIÓN XI. REGLAS DE INSPECCIÓN EN SERVICIO DE PLANTAS Y  
COMPONENTES NUCLEARES

SECCIÓN XII. REGLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL SERVICIO CONTINUO  
DE RECIPIENTES DE TRANSPORTE

Se denota que las secciones II partes A y B son prácticamente idénticas con las correspondientes especificaciones de materiales de ASTM que están consideradas en su contenido. La sección II parte C es esencialmente idéntica con las especificaciones AWS de materiales de aporte de soldadura; ASME adoptó las especificaciones de AWS casi en su totalidad.

Además de los libros propiamente dichos que forma el código ASME existen otros componentes del código, que son los siguientes:

1. Addendas: son revisiones a cada edición del código, debidamente aprobadas por el comité de calderas y recipientes de presión, las cuales son publicadas anualmente en hojas de diferentes colores y son enviadas a cada poseedor de la edición vigente de código. Las revisiones publicadas en las adendas, se pueden empezar a utilizar desde la fecha de publicación de las mismas, pero son obligatorias como requisitos mínimos después de seis meses de la fecha

de publicación, excepto para trabajos contratados con anterioridad a la misma fecha.

2. Interpretaciones: son respuestas escritas de ASME a preguntas concernientes a la interpretación de aspectos técnicos del código. Estas interpretaciones; que son oficiales de ASME, desde el 2004 se publican una vez al año en el mes de Julio y a la vez son enviadas a cada poseedor de la edición vigente del código.
3. Casos Código: son publicaciones del código ASME en las cuales se consideran las adiciones y revisiones propuestas al código.

### **2.1.2. CÓDIGO AWS**

AWS ha desarrollado estándares, códigos, prácticas recomendadas, y guías relacionadas con la construcción de elementos soldados, materiales de aporte para soldadura y procedimientos de soldadura. Para establecer la calidad de un producto, estos documentos son consultados. Para cada situación existirá un documento aplicable, con el cual el producto fabricado debe tener conformidad.

Además regula el diseño, fabricación, inspección, calificación de procedimientos y personal para la construcción de estructuras soldadas en acero.

#### **2.1.2.1. COMPOSICIÓN DEL CÓDIGO AWS**

A continuación se muestra la composición del código AWS.

AWS D1.1 Código de Soldadura para Estructuras en Acero (Structural Welding Code-Steel)

AWS D1.2 Código de Soldadura para Estructuras en Aluminio (Structural Welding Code-Aluminium)

AWS D1.3 Código de Soldadura para Estructuras en Láminas de Acero (Structural Welding Code-Sheet Steel)

AWS D1.4 Código de Soldadura para Estructuras Reforzadas de Acero (Structural Welding Code-Reinforcing Steel)

AWS D1.5 Código de Soldadura para Puentes (Bridge Welding Code)



AWS D1.6 Código de Soldadura para Estructuras en Acero Inoxidable (Structural Welding Code—Stainless Steel)

AWS D1.8 Código de Soldadura para Estructuras Suplemento Sísmico (Structural Welding Code-Seismic Supplement)

## **2.2. CÓDIGO ASME SECCIÓN IX CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE**

El Código ASME Sección IX de Calificaciones de Soldadura y Soldadura Fuerte, se relaciona con la calificación de soldadores, operadores de soldadura, soldadores para soldadura fuerte y operadores de soldadura fuerte, los procedimientos que ellos emplean al soldar o al hacer soldadura fuerte de acuerdo con el Código de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión ASME Sección VIII; y, además con el Código para Tubería ASME B 31.

La Sección IX está dividida en dos partes:

- La parte QW que da requerimientos para soldadura; y,
- La parte QB que contiene requerimientos para soldadura fuerte.

### **2.2.1. PARTE QW ARTÍCULO I REQUERIMIENTOS GENERALES DE SOLDADURA**

El propósito de la Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS) y del Registro de Calificación del Procedimiento (PQR) es determinar que el conjunto de partes soldadas propuesto para la construcción sea capaz de proveer las propiedades requeridas para su aplicación. Se supone que el soldador o el operador de soldadura que efectúa la prueba de calificación del procedimiento de soldadura es un trabajador experimentado. Esto es, la prueba de calificación del procedimiento de soldadura establece las propiedades del conjunto soldado, no la experiencia del soldador o del operador de soldadura. Además de este requerimiento general, se requieren consideraciones especiales para tenacidad de muesca por parte de otras Secciones del Código. Brevemente, un WPS relaciona las variables, tanto esenciales como no esenciales, así como los

órdenes de aceptación de las mismas. El WPS se destina a proveer dirección para el soldador/operador de soldadura. El PQR relaciona lo que se usó al calificar el WPS y los resultados de las pruebas.

En la calificación del desempeño del soldador, el criterio básico establecido es determinar la capacidad del soldador para depositar metal de soldadura libre de defectos. El propósito de la prueba de calificación del desempeño para el operador de soldadura es determinar la capacidad del operador de soldadura para operar el equipo de soldar.

Las Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (WPS) escritas y calificadas de acuerdo con las reglas del Código ASME Sección IX de Calificaciones de Soldadura y Soldadura Fuerte ASME, además de los soldadores y operadores de soldadura de equipo de soldadura automático y de máquina también calificados de acuerdo con estas reglas pueden ser usados en cualquier construcción hecha en conformidad con los requerimientos del Código ASME Sección VIII de Calderas y Recipientes Sujetos a Presión o del Código para Tubería de Presión ASME B31.

Las calificaciones de nuevas Especificaciones de Procedimiento de Soldadura o de Soldadores/Operadores de soldadura y la recalificación de Especificaciones de Procedimiento de Soldadura o de soldadores/operadores de soldadura existentes estarán de acuerdo con la edición en curso y suplementos de la Sección IX.

#### **2.2.1.1. Alcance**

Las reglas de esta sección se aplican a la preparación de especificaciones de procedimientos de soldadura y a la calificación de procedimientos de soldadura, de soldadores y de operadores de soldadura para todos los tipos de procesos de soldadura manuales ya sean semi-automáticos o automáticos permitidos en esta sección. Estas reglas también pueden ser aplicadas, hasta el grado que ellas sean aplicables a otros procesos de soldadura manuales, semiautomático y automáticos permitidos en otras secciones.

#### **2.2.1.2. Términos y Definiciones**

Algunos de los términos más comunes relacionados con soldadura están definidos en QW-492 del Código ASME Sección IX de Calificaciones de

Soldadura y Soldadura Fuerte; Páginas 188-195. Estos están en conformidad esencial con las definiciones de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society) dados en su documento AWS A3.0 Código de Términos y Definiciones de Soldadura; complementados por el anexo K del Código de Soldadura para Estructuras en Acero AWS D1.1. Siempre que la palabra (pipe o tube) tubo en español será aplicable en cualquier parte del código.

### 2.2.1.3. Responsabilidad

#### 2.2.1.3.1. Soldadura

Cada fabricante o contratista es responsable de la soldadura hecha por su organización y conducirá las pruebas requeridas en esta sección para calificar los procedimientos de soldadura que él use en la construcción de conjuntos soldados hechos en conformidad con este código, y el desempeño de soldadores y operadores de soldadura que apliquen estos procedimientos.

#### 2.2.1.3.1. Registros

Cada fabricante o contratista mantendrá un registro de todos los resultados obtenidos en el procedimiento de soldadura y en calificaciones del desempeño de soldadores y de operadores de soldadura. Estos registros serán certificados por el fabricante o contratista y estarán accesibles para el Inspector Autorizado.

### 2.2.1.4. Orientación de Soldadura

Las orientaciones de soldadura van de acuerdo a la figura 2.1 y figura 2.2:

#### 2.2.1.4.1. Posiciones de Soldaduras-Soldaduras en Ranura<sup>7</sup>

**Tabla 2.1** Posiciones para Soldadura en Ranura

Tabulación de Posiciones de Soldadura en Ranura			
Posición	Referencia al diagrama	Inclinación del eje [°]	Rotación de la cara [°]
Plana	A	0 a 15	150 a 210
Horizontal	B	0 a 15	80 a 150
			210 a 280
Sobre cabeza	C	0 a 80	0 a 80
			280 a 360
Vertical	D	15 a 80	80 a 280
	E	80 a 90	0 a 360

<sup>7</sup> QW-461.1 Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 146

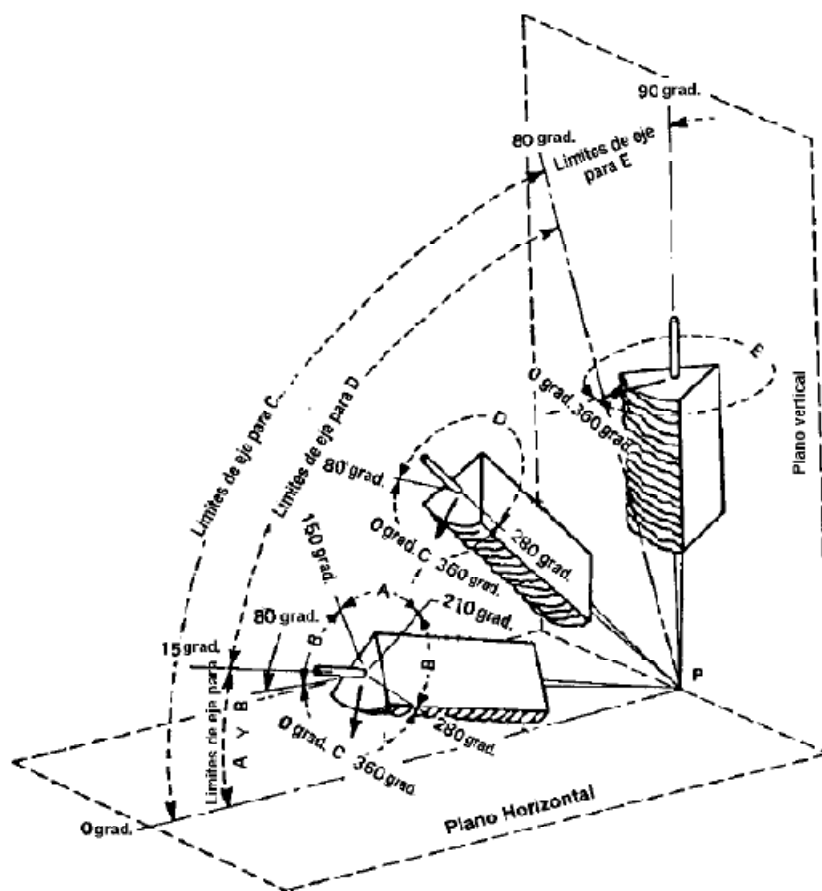


Figura 2.1 Posiciones para Soldadura en Ranura

#### 2.2.1.4.2. Posiciones de Soldaduras-Soldaduras a Filete<sup>8</sup>

Tabla 2.2 Posiciones para Soldadura a Filete

Tabulación de Posiciones de Soldadura con Filete			
Posición	Referencia al diagrama	Inclinación del eje [°]	Rotación de la cara [°]
Plana	A	0 a 15	150 a 210
Horizontal	B	0 a 15	125 a 150
			210 a 235
Sobre cabeza	C	0 a 80	0 a 125
			235 a 360
Vertical	D	15 a 80	125 a 235
	E	80 a 90	0 a 360

<sup>8</sup> QW-461.2 Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 147

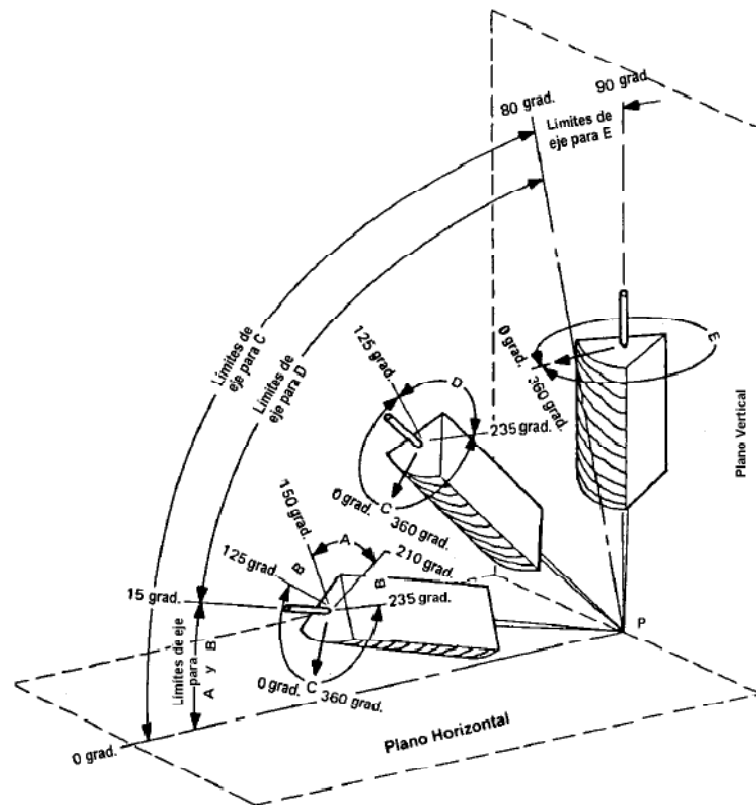


Figura 2.2 Posiciones para Soldadura a Filete

### 2.2.1.4.3. Posiciones de Prueba para Soldaduras en Ranura

Muestra la orientación en cualquiera de las posiciones para las cuales se hace soldaduras en ranura de acuerdo a QW-461.3 ó QW-461.4.

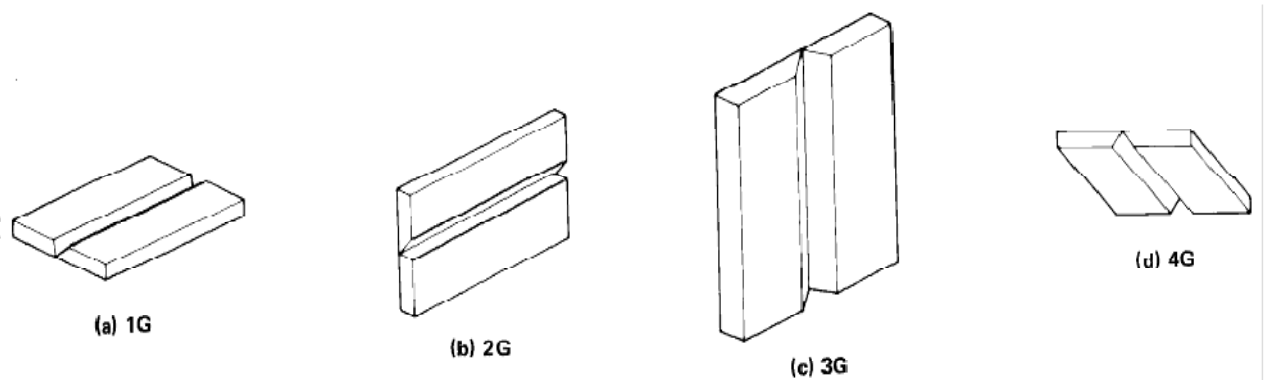
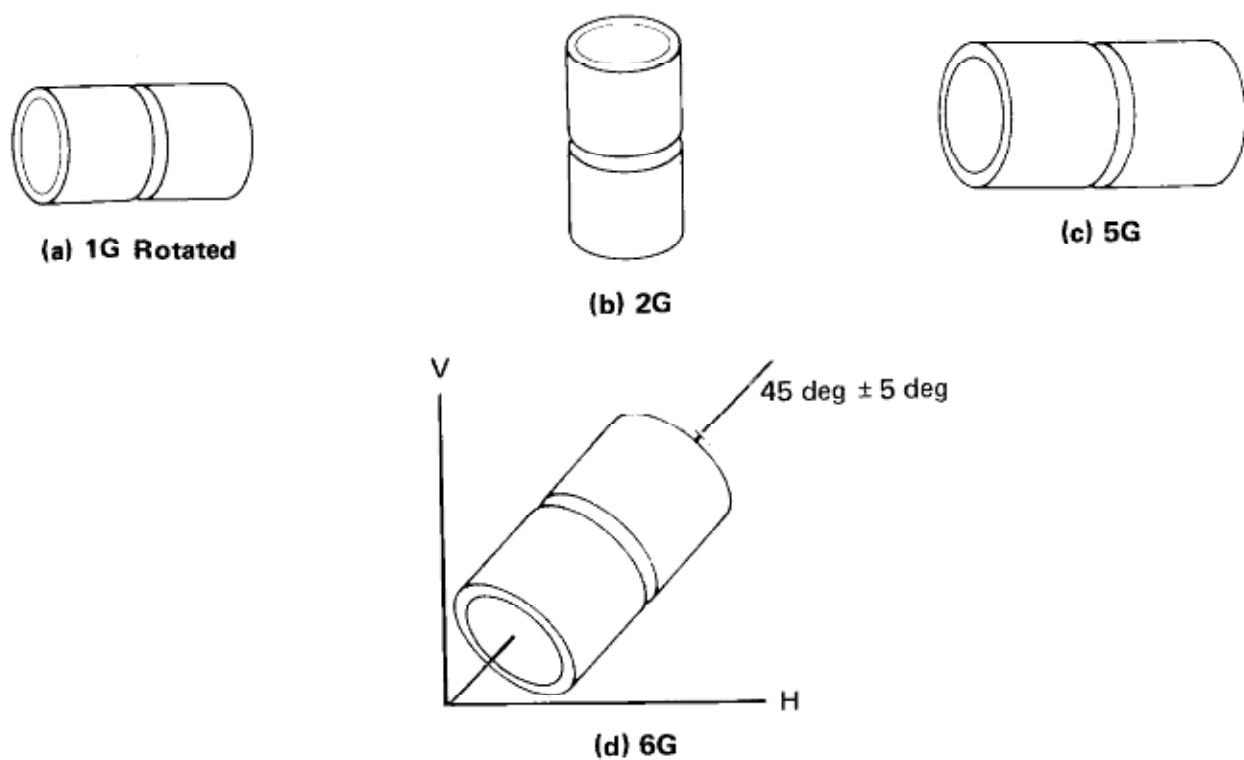


Figura 2.3 Posiciones de Prueba para Soldadura de Placas en Ranura; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Vertical, y; (d) Posición Sobre Cabeza



**Figura 2. 4** Posiciones de Prueba para Soldadura de Tubos en Ranura; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Múltiple con Eje de Tubo Horizontal, y; (d) Posición Múltiple con Eje de Tubo a  $45^\circ$

#### 2.2.1.4.4. Posiciones de Prueba para Soldadura a Filete

Muestra la orientación en cualquiera de las posiciones para las cuales se hace soldaduras con filete de acuerdo a QW-461.5 ó QW-461.6; tomando en cuenta que se permite durante la soldadura una desviación angular de  $\pm 15^\circ$  a partir de los planos horizontal y vertical especificados.

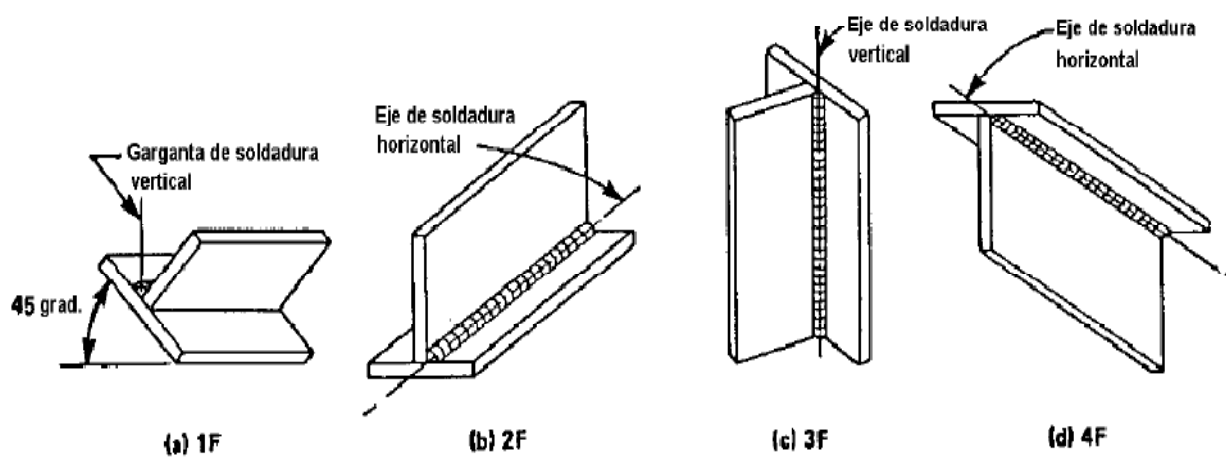
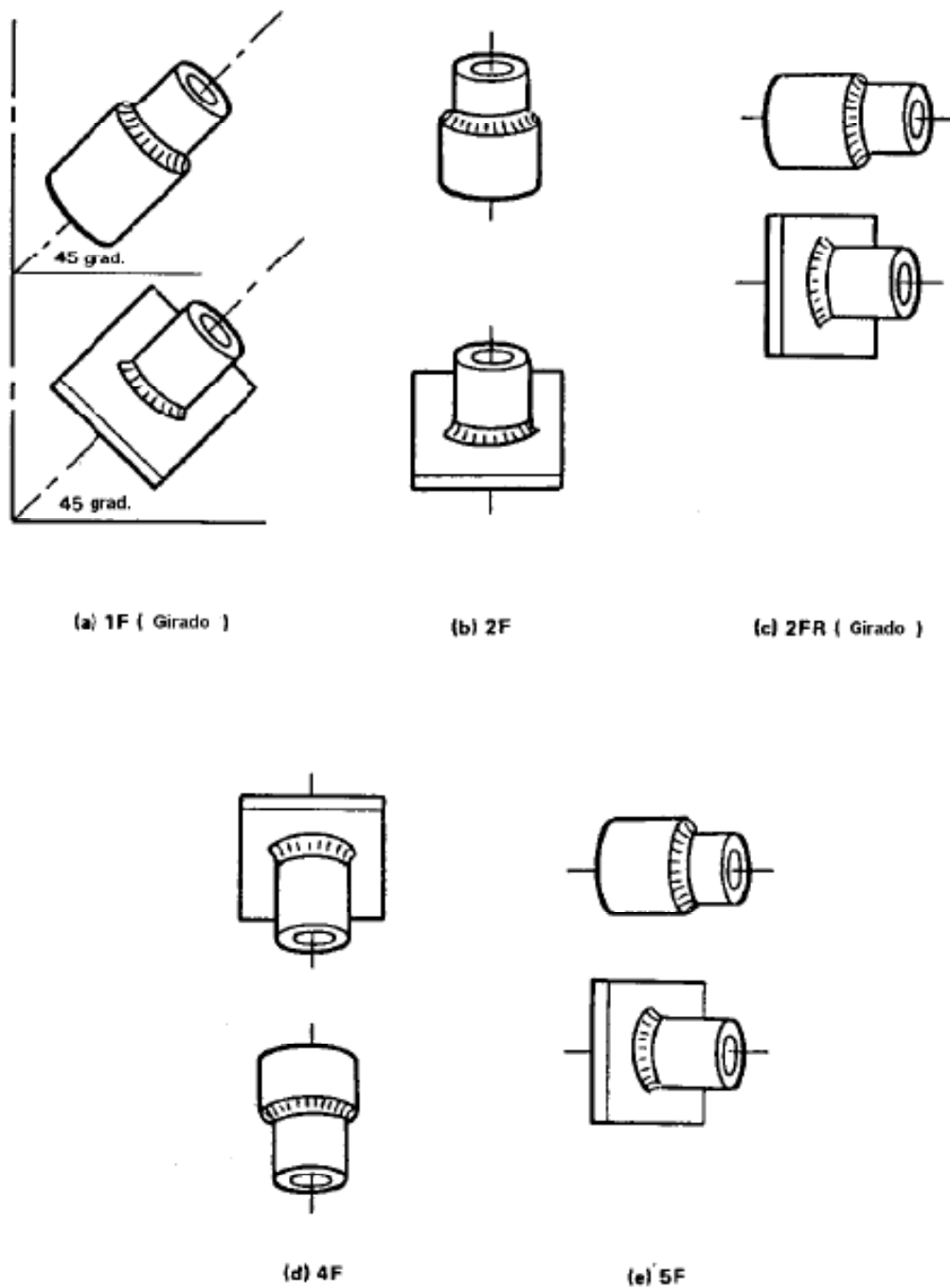


Figura 2.5 Posiciones de Prueba para Soldadura de Placas a Filete; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Vertical, y; (d) Posición Sobre Cabeza



**Figura 2.6** Posiciones de Prueba para Soldadura de Tubos a Filete; (a) Posición Plana, (b) Posición Horizontal, (c) Posición Horizontal Rotada, (d) Posición Sobre Cabeza, y; (e) Posición Múltiple

### 2.2.1.5. Tipos y Propósitos de Prueba

Muestra el tipo de pruebas como:

#### 2.2.1.5.1. Pruebas Mecánicas

Estas pruebas son utilizadas para la calificación del procedimiento de soldadura y del desempeño del soldador u operador de soldadura:



- *Pruebas de Tracción*

Se utilizan para determinar la resistencia última de las juntas de soldadura en ranura.

- *Pruebas de Doblez Guiado*

Se utilizan para determinar el grado de solidez y ductilidad de juntas de soldadura en ranura.

- *Pruebas de Soldadura con Filete*

Se utilizan para determinar el tamaño, el contorno y el grado de solidez de soldadura a filete.

- *Pruebas de Tenacidad de Muesca*

Se utilizan para determinar la tenacidad de muesca del conjunto soldado.

*2.2.1.5.2. Exámenes Especiales para Soldadores*

Es un examen de soldadura por radiografía que puede servir en lugar de pruebas mecánicas para calificación del desempeño del soldador en soldadura a ranura, demostrando así la capacidad de soldadores para hacer soldaduras sanas.

*2.2.1.5.3. Examen para Operadores de Soldadura*

Es un examen de soldadura por radiografía que puede servir en lugar de pruebas mecánicas para calificación del desempeño del soldador en soldadura a ranura, demostrando así la capacidad de operadores de soldadura para hacer soldaduras libres de defecto.

*2.2.1.5.4. Examen Visual*

Se usa para determinar que las superficies de soldadura finales reúnen las condiciones de calidad especificadas, se lo describe en QW-194.

## 2.2.2. PARTE QW ARTÍCULO II CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

### 2.2.2.1. General

Cada fabricante o contratista preparará la Especificación del Procedimiento de Soldadura y el Registro del Procedimiento de Calificación; definiéndolo como sigue:

#### 2.2.2.1.1. Especificación del Procedimiento de Soldadura (WPS)

Un WPS es un procedimiento de soldadura calificado y escrito para proveer dirección para hacer soldaduras de producción en conformidad con requerimientos del Código.

El WPS u otros documentos se pueden usar para proveer dirección al soldador o al operador de soldadura para asegurar cumplimiento con los requerimientos del Código.

#### 2.2.2.1.2. Contenido del WPS

El WPS terminado describirá todas las variables esenciales, no esenciales, y; cuando se requiera, las variables esenciales suplementarias para cada uno de los procesos de soldadura dentro del WPS.

El WPS proveerá referencia de Registro(s) de Calificación de Procedimiento (PQR). El fabricante o contratista puede incluir cualquier otra información en el WPS que pueda ser útil al hacer un conjunto soldado.

#### 2.2.2.1.3. Cambios en el WPS

Se pueden hacer cambios en las variables no esenciales de un WPS para adaptarse a requerimientos de producción sin recalificación siempre y cuando tales cambios se documenten con respecto a las variables esenciales, no esenciales, y, cuando se requiera, las variables esenciales suplementarias para cada proceso. Esto se puede hacer por enmienda al WPS o mediante el uso de un WPS nuevo.

Los cambios en variables esenciales o en variables esenciales suplementarias (cuando se requieren) requieren recalificación del WPS (PQRs nuevos o

adicionales para apoyar el cambio en variables esenciales o en variables esenciales suplementarias).

#### *2.2.2.1.4. Formato del WPS*

La información requerida para estar en el WPS puede estar en cualquier formato, escrito o tabulado, para adaptarse a las necesidades de cada fabricante o contratista, mientras se incluya o provea referencia de todas las variables esenciales, no esenciales, y; cuando se requiera, variables esenciales suplementarias.

#### *2.2.2.1.5. Registro del Procedimiento de Calificación*

Un PQR es un registro de los datos de soldadura usados para soldar una muestra de prueba. EL PQR es un registro de variables registradas durante la soldadura de las muestras de prueba. Contiene también los resultados de las pruebas de los especímenes probados.

#### *2.2.2.1.6. Contenido del PQR*

El PQR terminado documentará todas las variables esenciales, y, cuando se requiere, las variables esenciales suplementarias para cada proceso de soldadura usadas durante la soldadura de la muestra de prueba. Las variables no esenciales y otras variables usadas durante la soldadura de la muestra de prueba pueden ser registradas a opción del fabricante o contratista.

El PQR será certificado en cuanto a exactitud por el fabricante o contratista. El fabricante o contratista no puede subcontratar la función de certificación. Esta certificación se destina a ser la verificación del fabricante o contratista de que la información dentro del PQR es un registro verdadero de las variables que fueron usadas durante la soldadura de la muestra de prueba y de los resultados de pruebas consecuentes de tracción, de doblado, o de macrografía (como sea requerido) están en cumplimiento con la Sección IX.

#### *2.2.2.1.7. Cambios en el PQR*

No se permiten cambios al PQR debido a que es un registro de lo que sucedió durante una prueba de soldadura en particular. Pero hay casos en las correcciones de redacción o de agregados al PQR sí son permitidas. Un ejemplo

de corrección de redacción es un Número P, un Número F, o un Número A incorrecto que fue asignado a un metal base o a un metal de aporte particular.

Todos los cambios a un PQR requieren ser certificados nuevamente (con inclusión de la fecha) por el fabricante o contratista.

#### *2.2.2.1.8. Formato del PQR*

La información requerida para estar en el PQR puede estar en cualquier formato para adaptarse a las necesidades de cada fabricante o contratista, mientras que se incluya toda variable esencial y cuando se requiera, toda variable esencial suplementaria.

### **2.2.2.2. Preparación de Muestra**

#### *2.2.2.2.1. Metal Base*

Los metales base pueden estar formados ya sea de placa, tubo, u otras formas de producto. La calificación en placa también califica para soldadura en tubería e inversamente. Las dimensiones de la muestra de prueba serán suficientes para proveer los especímenes de prueba requeridos.

### **2.2.2.3. Variables de Soldadura**

Las variables para Especificaciones del Procedimiento de Soldadura se subdividen en:

- Variables Esenciales,
- Variables Esenciales Suplementarias, y;
- Variables No Esenciales

Estas variables para cada proceso se encuentran enlistadas en QW-252 hasta QW-265.

#### *2.2.2.3.1. Variables Esenciales*

Variables esenciales son aquellas en las cuales un cambio, que se describe en las variables específicas, es considerado que afecta las propiedades mecánicas del conjunto soldado, y requerirá recalificación del WPS.

#### *2.2.2.3.2. Variables Esenciales Suplementarias*

Variables esenciales suplementarias se requieren para metales para los cuales otras secciones especifican pruebas de tenacidad de muesca; y, son además los complementos de variables esenciales para cada proceso de soldadura.

#### *1.2.2.3.3. Variables No Esenciales*

Variables no esenciales son aquellas en las cuales un cambio, como se describió en las variables específicas, pueden ser hechas sin recalificación del W P S.

### **2.2.3. PARTE QW ARTÍCULO III CALIFICACIONES DE DESEMPEÑO DEL SOLDADOR**

#### **2.2.3.1. General**

Este Artículo pone en lista los procesos de soldadura en forma separada, con las variables esenciales que se aplican a calificaciones del desempeño del soldador y del operador de soldadura.

Un soldador o un operador de soldadura, puede ser calificado mediante radiografía de una muestra de prueba, una radiografía de su soldadura de producción original, o mediante pruebas de dobléz tomadas de una muestra de prueba.

El propósito de este requerimiento es asegurar que el fabricante o contratista haya determinado que sus soldadores y operadores de soldadura que usan sus procedimientos sean capaces de desarrollar los requerimientos mínimos especificados para un conjunto de partes soldadas. Esta responsabilidad no se puede delegar a otra organización.

#### **2.2.3.2. Calificación de Muestra**

Las muestras de prueba pueden ser placas, tubos u otras formas de producto.

Las dimensiones para una muestra de soldadura, utilizada al hacer pruebas de calificación para soldaduras en ranura soldadas simplemente sin respaldo serán las mismas que aquellas para cualquier W P S calificado por el fabricante.

### **2.2.3.3. Recalificación de Pruebas y renovación de calificaciones**

Un soldador u operador de soldadura que falla en una o más de las pruebas señaladas en QW-304 Soldadores<sup>9</sup> ó QW-305 Operadores De Soldadura<sup>3</sup>, como sea aplicable, puede ser vuelto a probar sujeto a las condiciones señaladas en QW-320<sup>10</sup>.

### **2.2.3.4. Variables de Soldadura para Soldadores**

Un soldador será recalificado cuando quiera que se haga un cambio en uno o más de las variables esenciales puestas en lista para cada proceso de soldadura, o en función de las políticas de calidad de las empresas.

En donde se requiere una combinación de procesos de soldadura para hacer un conjunto soldado, cada soldador será calificado para el proceso o procesos de soldadura particulares que se requerirá que use éten soldadura de producción. Un soldador puede ser calificado con hacer pruebas con cada proceso de soldadura individual, o con una combinación de procesos de soldadura en una muestra simple de prueba.

### **2.2.3.5. Variables de Soldadura para Operadores de Soldadura**

Un operador de soldadura se volverá a calificar cada vez que se hace un cambio en una de las siguientes variables esenciales:

- Cambio de soldadura automática a soldadura con máquina
- Cambio del proceso de soldadura
- De acuerdo a políticas de calidad de la empresa

## **2.2.4. PARTE QW ARTÍCULO IV DATOS DE SOLDADURA**

### **2.2.4.1. Variables**

Cada variable de soldadura descrita en este artículo es aplicable como una variable esencial, esencial suplementaria, o no esencial para calificación del procedimiento de soldadura. Un cambio de un proceso de soldadura a otro proceso de soldadura es una variable esencial y requiere recalificación.

---

<sup>9</sup> Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 53-54

<sup>10</sup> Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 55

#### *2.2.4.1.1. Variable Esencial (Procedimiento)*

Un cambio en una condición de soldadura el cual afectará las propiedades mecánicas del conjunto de piezas soldadas (por ejemplo, cambio de Número P, proceso de soldadura, metal de aporte, electrodo, precalentamiento o tratamiento térmico después de soldar, etc.).

#### *2.2.4.1.2. Variable Esencial (Desempeño)*

Un cambio en una condición de soldadura el cual afectará la capacidad de un soldador para depositar el metal de soldadura libre de defectos; tal como un cambio en el proceso de soldadura, eliminación de respaldo, electrodo, Número F, técnica.

#### *2.2.4.1.3. Variable Esencial Suplementaria (Procedimiento)*

Un cambio en una condición de soldadura que afectará las propiedades de tenacidad de muesca de un conjunto de piezas soldadas; por ejemplo, cambio en el proceso de soldadura, soldadura vertical para arriba o para abajo, consumo de calor, precalentamiento o PWHT (Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura).

#### *2.2.4.1.4. Variable No Esencial (Procedimiento)*

Un cambio en una condición de soldadura que no afectará las propiedades mecánicas de un conjunto de piezas soldadas; por ejemplo, diseño de junta, método de cincelado posterior o limpieza.

#### *2.2.4.1.5. Juntas*

Muestra reglas sobre consideraciones de cambios en el tipo de ranura o cambios de bisel simple a bisel doble, la adición o eliminación del respaldo, cambios en la composición nominal del respaldo; indica además que las soldaduras en ranura soldadas doblemente son consideradas soldaduras con respaldo.

#### *2.2.4.1.6. Metal Base*

Muestra reglas sobre consideraciones en cambios del metal base de acuerdo a un Número-P, el cual es un indicador de la soldabilidad del material; además menciona de que cuando hay juntas con metal base de diferente Número-P es necesario una calificación de procedimiento para la combinación de dichos metales base, aun cuando haya calificaciones de procedimiento para cada metal

base de Número-P soldados a sí mismos. Menciona además que se hará calificaciones para los materiales que se usarán en producción.

#### *2.2.4.1.7. Material de Aporte*

Muestra reglas sobre consideraciones de cambios en el diámetro del metal de aporte, cambios en la velocidad de alimentación de alambre mayor que  $\pm 10\%$  más allá de la ya calificada, Número-F a otro Número-F, o cualquier otro metal de aporte que no se encuentre en QW-432.

#### **2.2.4.2. Técnica**

Menciona datos de soldadura referentes a la técnica que se consideran al elaborar el Procedimiento de Soldadura (WPS) y la Calificación el Desempeño del Soldador (WPQ); algunas de estas pueden ser:

Para soldadura manual o automática, un cambio de la técnica de cordón corrido longitudinal a cordón oscilado, o viceversa; además del cambio de paso simple a múltiple o al contrario.

El cambio del método de limpieza inicial y entre pases ya sea cepillado, esmerilado, etc.

Cualquier cambio en tipo, tamaño o forma del metal de aporte.

Cambio en el tipo de equipo de soldadura o modificación del mismo, es decir; de soldadura manual o semiautomática a soldadura con máquina o automática y en forma inversa.

#### **2.2.4.3. Agrupamiento de Metal Base y de Aporte**

Para reducir el número de calificaciones requeridas de procedimientos de soldadura, y de soldadura fuerte, a los metales base se le asignado números como siguen:

##### *2.2.4.3.1. Número-P*

A los metales base se les han asignados Números P, y para metales de base ferrosa que tienen requerimientos especificados de prueba de impacto, Números de Grupo dentro de los Números P. Estas asignaciones se basan esencialmente en características comparables de metal base, tales como composición,



soldabilidad, soldabilidad fuerte, y propiedades mecánicas. Estas asignaciones no implican que los metales base pueden usarse en forma indiscriminada, es decir que un metal base que se usó en la prueba de calificación sin consideración de compatibilidad desde el punto de vista de propiedades metalúrgicas, tratamiento térmico posterior a la soldadura, diseño, propiedades mecánicas, y requerimientos de servicio no suplantarán otro de distinto Número P.

#### 2.2.4.3.2. Número-S

Los números S son un listado de materiales los cuales son aceptables para uso por el Código ASME B31 para Tubería de Presión, o para selectos casos de Código de Calderas y Recipientes de Presión, pero que no se incluyen dentro de Especificaciones de Materiales del Código ASME de Calderas y Recipientes de Presión (Sección II). Estos materiales son agrupados con Número S similares a los agrupamientos de Número P. No hay requerimientos obligatorios para que se utilicen los número S.

La siguiente tabla muestra la asignación de grupos para varias aleaciones:

**Tabla 2. 3** Agrupamiento del Metal Base; Numero P y S<sup>11</sup>

<b>Metal Base</b>	<b>Soldadura</b>	<b>Soldadura Fuerte</b>
Acero y Aleaciones de Acero	P o S-No. 1 hasta P o S-No. 11 incluye P o S-No. 5A, 5B y 5C	P o S-No. 101 hasta P o S-No. 103
Aluminio y Aleaciones con Base de Aluminio	P o S-No. 21 hasta P o S-No. 25	P o S-No. 104 hasta P o S-No. 105
Cobre y Aleaciones de Cobre	P o S-No. 31 hasta P o S-No. 35	P o S-No. 107 hasta P o S-No. 108
Níquel y Aleaciones con Base de Níquel	P o S-No. 41 hasta P o S-No. 49	P o S-No. 110 hasta P o S-No. 112
Titanio y Aleaciones con Base de Titanio	P o S-No. 51 hasta P o S-No. 53	P o S-No. 115
Zirconio y Aleaciones con Base de Zirconio	P o S-No. 61 hasta P o S-No. 62	P o S-No. 117

Todo este agrupamiento del metal base está de acuerdo a la tabla QW-422 del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 74-127 (Anexo 1).

<sup>11</sup> Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 73, QW-420

#### *2.2.4.3.3. Número-F*

El agrupamiento de electrodos, varillas de soldadura y en general de metales de aporte; se la hace de acuerdo a los Números-F, los cuales se basan esencialmente en sus características de utilidad, fundamentalmente lo cual determina la capacidad de los soldadores para hacer soldaduras satisfactorias con un metal de aporte dado. Este agrupamiento se hace para reducir el número de calificaciones de procedimiento y de desempeño. El agrupamiento no implica que los metales base o los metales de aporte dentro de un grupo pueden servir en forma indiscriminada en lugar de un metal que fue usado en la prueba de calificación sin consideración de la compatibilidad de los metales base y los metales de aporte desde el punto de vista de propiedades metalúrgicas, de requerimientos de diseño, de servicio, de tratamiento térmico posterior a soldadura, y; de propiedades mecánicas.

Todo este agrupamiento del metal de aporte está de acuerdo a la tabla QW-432 del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 129-136 (Anexo 2).

#### **2.2.4.4. Composición Química del Metal de Aporte**

Corresponde a la identificación de la composición química del metal de aporte que se designa en el WPS y en el PQR; va de acuerdo al metal de aporte aplicable únicamente a metales ferrosos dando a conocer un cambio en la composición química del depósito de soldadura de un Número-A a otro Número-A que están de acuerdo a la tabla QW-422 del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 74-127 (Anexo 1).

La calificación con un A-No. 1 calificará para un A-No. 2 y viceversa.

Para SAW en lugar de una designación de un Número-A, la composición química nominal del depósito de soldadura será indicada en el WPS y en el PQR de acuerdo a la especificación del metal de aporte o el certificado de cumplimiento del fabricante o el proveedor; aunque también se puede usar la referencia de la AWS en donde exista o la designación de venta del fabricante.

#### **2.2.4.5. Probetas**

Detalla el procedimiento de calificación de acuerdo a los límites de espesores y las pruebas para las probetas.

Todo este detalle de probetas está de acuerdo a las tablas QW-450 PROBETAS; del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 139-145 (Anexo 3).

#### **2.2.4.6. Posiciones de Soldadura**

Muestra los gráficos de orientación de soldadura, posiciones de soldadura y posiciones de prueba para soldadura en ranura o a filete.

Las dimensiones de las probetas de prueba para tracción, doblado de cara o lado, resistencia a la corrosión del cordón de soldadura, dureza; a lo igual que el procedimiento de obtención de las mismas ya sean de placa o tubo, se encuentran de igual forma graficadas.

Además se encuentra gráficos de los dispositivos de prueba ya sea para doblez guiado, torsión y tracción. Todo este detalle de gráficos está de acuerdo a QW-460 GRÁFICOS; del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 146-186 (Anexo 4).

Finalmente muestra gráficos de juntas típicas para prueba con y sin respaldo.

#### **2.2.4.7. Definiciones**

Muestra las definiciones de los términos más comunes que se relacionan con la soldadura; las cuales están de acuerdo con las definiciones de la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society) dados en su documento AWS A3.0 Código de Términos y Definiciones de Soldadura; complementados por el anexo K del Código de Soldadura para Estructuras en Acero AWS D1.1.

Todas estas definiciones están de acuerdo a QW-490 DEFINICIONES; del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 188-195.

### **2.2.5. PARTE QW ARTÍCULO V ESTÁNDARES DE ESPECIFICACIONES DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (SWPS)**

Los SWPSs listados en el Apéndice E del Código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007; Pág. 265-267, son aceptables como requerimientos de los cuales el Código ASME de Calderas y Recipientes a Presión lo especifique. Cualquier requerimiento de aplicabilidad del Código Sección de Construcción de acuerdo al SWPS toma precedencia sobre los requerimientos de la Sección IX. Estos SWPS no son permitidos para construcción en donde el WPS exija que se realicen pruebas de impacto dadas por el Código Sección de Construcción.

### **2.2.6. PARTE QB ARTÍCULO XI REQUERIMIENTOS GENERALES DE SOLDADURA FUERTE**

Este artículo habla sobre los requerimientos generales para llevar a cabo una soldadura fuerte, a demás del propósito de las especificaciones para el mismo.

Dentro de las especificaciones para llevar a cabo soldadura fuerte figuran; BPS (Brazing Procedure Specification), Especificación del Procedimiento de Soldadura Fuerte; PQR, Registro del Procedimiento de calificación. El propósito de estas especificaciones es determinar que el conjunto de partes soldadas con soldadura fuerte, sean capaces de proveer las propiedades requeridas para su aplicación destinada.

En resumen las reglas de este artículo muestran la preparación de las especificaciones para el procedimiento de soldadura fuerte a lo igual que las reglas seguidas para la calificación del procedimiento de soldadura fuerte y además de las reglas seguidas para la calificación del desempeño del soldador en soldadura fuerte o del operador en soldadura fuerte.

## **2.2.7. PARTE QB ARTÍCULO XII CALIFICACIONES DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA FUERTE**

En este artículo se detalla las reglas que se sugiere que siga cada fabricante o contratista al momento de elaborar las Especificaciones del Procedimiento de Soldadura Fuerte (BPS) y los Registros del Procedimiento de Calificación (PQR).

Además define las variables esenciales y no esenciales; que intervienen en el Procedimiento de Calificación de Soldadura Fuerte.

## **2.2.8. APENDICES**

Ilustra complementos o suplementos de preguntas, sugerencias de formatos para la elaboración de Especificaciones de Procedimientos de Soldadura (WPS), registro del Procedimiento de Calificación (PQR) para procesos de Soldadura; Soldadura por arco eléctrico con electrodo protegido (SMAW), Soldadura por arco sumergido (SAW), Soldadura por arco eléctrico con atmosfera protectora gaseosa (GMAW), Soldadura por arco eléctrico con atmosfera protectora gaseosa y electrodo no consumible de tungsteno (GTAW) o para combinación de estos procesos.

También muestra el listado de Números-P, así como también los SWPSs permitidos u las unidades de uso común en las ecuaciones del código en mención.

## **2.3. CÓDIGO AWS DE SOLDADURA PARA ESTRUCTURAS EN ACERO D1.1.**

Su primera edición fue publicada en 1928 con el nombre de Código para Soldadura y Corte por Fusión y Gas en la Construcción de Edificios (Code for Fusion Welding and Gas Cutting in Building Construction).

Consta de 8 secciones, 12 anexos mandatorios (I hasta XII) y 15 anexos no mandatorios (A hasta P).

Es publicado cada dos años. Las modificaciones respecto a la edición anterior aparecen subrayadas.

### **2.3.1. ALCANCE<sup>12</sup>**

Este código contiene los requerimientos para la fabricación de estructuras soldadas de acero. Cuando en los documentos del contrato ha sido estipulado el uso de este código, se debe cumplir con todas las prescripciones, con excepción de aquellas disposiciones que especifiquen el ingeniero o los documentos del contrato.

Las especificaciones del código están expresadas en textos llamados provisiones. Cada provisión viene identificada por un número llamado referencia.

### **2.3.2. LIMITACIONES**

- Según la sección 1.2 del código AWS D1.1, no ha sido diseñado para usarse con:
- Aceros con límites de fluencia mínimos especificados mayores a 100 [Ksi] (690 [MPa]).
- Aceros de espesor menor a 1/8 [in] (3.2 [mm]); para espesores menores se debe aplicar el Código de Soldadura para Estructuras en Acero de Lámina Delgada AWS D1.3.
- Recipientes y tuberías a presión
- Materiales base diferentes a aceros al carbono y a aceros de baja aleación.

### **2.3.3. CONTENIDO DEL CÓDIGO AWS D1.1**

A continuación se muestra en detalle las ocho secciones del contenido del Código de Soldadura para Estructuras en Acero AWS D1.1.

#### **2.3.3.1. Requerimientos Generales<sup>13</sup>**

Esta sección contiene información básica sobre el alcance y limitaciones del código, definiciones clave, y la mayor de las responsabilidades de las partes involucradas en la fabricación de estructuras de acero.

---

<sup>12</sup> AWS D1.1, Código de Soldadura para Estructuras de Acero; 2006; Pág. 01.

<sup>13</sup> Ídem 12

### **2.3.3.2. Diseño de Conexiones Soldadas**

Esta sección contiene requerimientos para el diseño de conexiones soldadas compuestas de elementos tubulares y no tubulares.

- PARTE A: Requerimientos Comunes para Conexiones Tubulares y No Tubulares.
- PARTE B: Requerimientos Especificados para Conexiones No Tubulares (Cargadas - Estática o Cíclicamente).
- PARTE C: Requerimientos Especificados para Conexiones No Tubulares cargadas Cíclicamente.
- PARTE D: Requerimientos Especificados para Conexiones Tubulares

### **2.3.3.3. Precalificación**

Esta sección contiene los requerimientos de exoneración de un WPS, Especificación del Procedimiento de Soldadura; de acuerdo a los requerimientos de calificación de este código.

### **2.3.3.4. Calificación**

Esta sección contiene los requerimientos para calificación del WPS y las pruebas requeridas para ser aprobados por todo el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldadura y punteadores), la calidad de soldadura está de acuerdo con este código.

### **2.3.3.5. Fabricación**

Esta sección contiene especificaciones aplicables a la soldadura de estructuras de acero gobernadas por este código, incluye los requerimientos para metales base, consumibles de soldadura, técnicas de soldadura, detalles de soldadura, preparación de material, ensamblaje, fabricación, reparación de soldadura, y otros requerimientos.

### **2.3.3.6. Inspección**

Esta sección contiene criterios para las calificaciones y responsabilidades de inspectores, criterios de aceptación para producción en soldadura, y

procedimientos normalizados de inspección visual de calidad y END (ensayos no destructivos)

#### **2.3.3.7. Soldadura de Esparrago**

Esta sección contiene los requerimientos para la soldadura de pernos para estructuras de acero.

#### **2.3.3.8. Refuerzo y Reparación de Estructuras Existentes**

Esta sección contiene información básica pertinente para la modificación de soldadura o reparación de existir estructuras de acero.

#### **2.3.3.9. Anexos**

##### *2.3.3.9.1. Información Mandatoria*

Estos anexos contienen información y requerimientos, que son considerados como una parte del código.

##### *2.3.3.9.2. Información No Mandatoria*

Estos anexos no son considerados como una parte del código, son suministrados solamente para información.

## **2.4. ELABORACIÓN Y CALIFIFCACIÓN DE PROCEDIMIENTO BAJO CÓDIGO ASME IX CALIFICACIONES PARA SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE**

Parte de los objetivos del presente proyecto de titulación es especificar los procedimientos de soldadura (WPS) con sus respectivos respaldos (PQR).

Para lo cual se estudio previamente el código ASME Sección IX Calificaciones para Soldadura y Soldadura Fuerte; 2007.

### **2.4.1. ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WELDING PROCEDURE SPECIFICATION-WPS)**

Esta especificación es un procedimiento de soldadura escrito para proveer dirección para hacer soldaduras de producción en conformidad con requerimientos del Código. Como objetivo del WPS es proveer dirección al



soldador o al operador de soldadura para asegurar cumplimiento con los requerimientos del Código.

El WPS terminado describirá todas las variables esenciales, no esenciales, y; cuando se requiera, las variables esenciales suplementarias para cada uno de los procesos de soldadura dentro del WPS.

El WPS proveerá referencia de Registro(s) de Calificación de Procedimiento (PQR). El fabricante o contratista puede incluir cualquier otra información en el WPS que pueda ser útil al hacer un conjunto soldado.

La información requerida para estar en el WPS puede estar en cualquier formato, escrito o tabulado, para adaptarse a las necesidades de cada fabricante o contratista, mientras se incluya o provea referencia de todas las variables esenciales, no esenciales, y; cuando se requiera, variables esenciales suplementarias.

En el Anexo 5 se muestra el formato designado para la elaboración del WPS:

#### **2.4.2. REALIZACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y DESTRUCTIVOS**

Dado que el WPS es un procedimiento de soldadura calificado y escrito para proveer dirección para hacer soldaduras de producción en conformidad con requerimientos del Código, este documento se califica bajo condiciones apegadas a las limitantes de la ASME Sección IX CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE.

Para este caso los ensayos realizados fueron la Inspección Visual como un ensayo no destructivo; y, los ensayos mecánicos de doblado lateral y tracción como un ensayo destructivo.

##### **2.4.2.1. Ensayo No Destructivo**

Como ensayo no destructivo el que se aplicó es la inspección visual que figura como uno de los métodos más generales de aplicación y aceptación a nivel de control de soldadura.

Para este control de soldadura es aplicable el Código ASME Sección V EXAMINACIÓN NO DESTRUCTIVA, Artículo XXVIII; este código en síntesis

muestra los métodos de inspección no destructiva que se pueden llevar a cabo en la fabricación de Calderas y Recipientes a Presión de acuerdo a como ya lo estipula todo el Código ASME.

Uno de los métodos que propone la sección es la examinación visual, donde en resumen propone un cuadro de defectos admisibles con criterios de aceptación de acuerdo a tres niveles; y, finalmente ejemplifica los defectos de soldadura detectables a nivel visual por medio de fotografías.

#### **2.4.2.2. Ensayo Destructivo**

Como ensayo destructivo se aplico pruebas mecánicas de doblado lateral y tracción para lo cual tanto como para la elaboración de las probetas, ejecución del ensayo y criterios de aceptación de las mismas se lo hizo de acuerdo al Código ASME Sección IX CALIFICACIONES DE SOLDADURA Y SOLDADURA FUERTE.

Estos ensayos se hicieron en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Laboratorios de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones con lo cual finalmente se emitió los informes a través del Laboratorio de Soldadura (Ver Anexo 6).

Además en el presente proyecto se adjunta las hojas de especificación de material en este caso SA-516/SA-516M de acuerdo a lo que se encuentra en el Código ASME Sección II Parte A, Especificación de Materiales Ferrosos (Ver Anexo 7).

### 2.4.2.3. Memoria Fotográfica de Ensayo de Tracción y Doblado Lateral



Figura 2. 7 Marcación de Probetas para Ensayos Destructivos SA-516 Gr. 70



Figura 2. 8 Marcación de Probetas para Ensayos Destructivos SA-516 Gr. 70



**Figura 2.9** Ruptura por Tracción de Probeta SAW-T1-W3



**Figura 2.10** Resultado de Ensayo de Tracción de Probeta SAW-T1-W3



**Figura 2.11** Resultado de Ensayo de Doblado de Probeta SAW-D1-W3

### **2.4.3. REGISTRO DEL PROCEDIMIENTO CALIFICACIÓN (PROCEDURE QUALIFICATION RECORD-PQR)**

Un PQR es un registro de los datos de soldadura usados para soldar una muestra de prueba. EL PQR es un registro de variables registradas durante la soldadura de las muestras de prueba. Contiene también los resultados de las pruebas de los especímenes probados.

El PQR terminado documentará todas las variables esenciales, y, cuando se requiere, las variables esenciales suplementarias para cada proceso de soldadura usadas durante la soldadura de la muestra de prueba. Las variables no esenciales y otras variables usadas durante la soldadura de la muestra de prueba pueden ser registradas a opción del fabricante o contratista.

El PQR será certificado en cuanto a exactitud por el fabricante o contratista. El fabricante o contratista no puede subcontratar la función de certificación. Esta certificación se destina a ser la verificación del fabricante o contratista de que la información dentro del PQR es un registro verdadero de las variables que fueron usadas durante la soldadura de la muestra de prueba y de los resultados de pruebas consecuentes de tracción, de doblado, o de macrografías (como sea requerido) están en cumplimiento con la Sección IX.

No se permiten cambios al PQR debido a que es un registro de lo que sucedió durante una prueba de soldadura en particular. Pero hay casos en las correcciones de redacción o de agregados al PQR que sí son permitidos. Un ejemplo de corrección de redacción es un Número P, un Número F, o un Número A incorrecto que fue asignado a un metal base o a un metal de aporte particular.

Todos los cambios a un PQR requieren ser certificados nuevamente (con inclusión de la fecha) por el fabricante o contratista.

La información requerida para estar en el PQR puede estar en cualquier formato para adaptarse a las necesidades de cada fabricante o contratista, mientras que se incluya toda variable esencial y cuando se requiera, toda variable esencial suplementaria.

En el Anexo 8 se muestra el desarrollo del PQR:

#### **2.4.4. CALIFICACIONES DEL DESEMPEÑO DEL OPERADOR DE SOLDADURA, (WELDING PERFORMANCE QUALIFICATIONS-WPQ)**

Este documento pone en lista las variables esenciales que se aplican a calificaciones del desempeño o habilidad del soldador o del operador de soldadura.

El propósito de este requerimiento es asegurar que el fabricante o contratista haya determinado que sus soldadores y operadores de soldadura que usan sus procedimientos sean capaces de desarrollar los requerimientos mínimos especificados para un conjunto de partes soldadas. Esta responsabilidad no se puede delegar a otra organización.

Para definir la habilidad del soldador u operador de soldadura se utiliza el procedimiento de soldadura previamente calificado, esto se debe a que si se diera un fallo en la habilidad del soldador u operador de soldadura queda deslindado que se pueda deber a un mal procedimiento de soldadura.

La calificación del soldador está limitada por las variables esenciales dadas para cada proceso de soldadura y enlistadas en QW-350, y definidas en el Artículo IV; mientras que para la calificación del operador de soldadura las limitantes para las variables esenciales están en QW-360.

Un soldador o un operador de soldadura puede ser calificado mediante radiografiado o prueba de doblado de una muestra de prueba excepto como se declara en QW-304 y QW-305.

QW-304; Limitantes para calificación de Soldadores tomando en cuenta de no tratarse de procesos de soldadura especiales de sobre capa en el metal de soldadura para resistencia a la corrosión y al desgaste, cada soldador deberá aprobar las pruebas visuales y mecánicas. Además exceptúa pruebas radiográficas para algunos, Números –P de materiales.

QW-305; Limitantes para calificación de Operadores de Soldadura tomando en cuenta de no tratarse de procesos de soldadura especiales de sobre capa en el

metal de soldadura para resistencia a la corrosión y al desgaste, cada operador de soldadura deberá aprobar las pruebas visuales y mecánicas. Además exceptúa pruebas radiográficas para algunos, Números –P de materiales.

En el Anexo 9 se muestra el desarrollo del WOPQ:

## **CAPÍTULO III**

### **COSTOS DEL PROCESO DE SOLDADURA SAW**

Los costos de soldadura implican algunas definiciones y criterios que varían dependiendo del proceso de soldadura, en este capítulo se describe las definiciones y criterios como factores que están presentes en el proceso de soldadura por arco Sumergido.

Las definiciones y criterios que se presentan en el proceso de Soldadura por Arco Sumergido, se fueron dando a medida que se realizaron el procedimiento y calificación del procedimiento de soldadura; a si como también, la calificación del operador de soldadura y tomando en cuenta las prácticas establecidas para la puesta en operación del equipo.

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de costos en general incluyen factores como la mano de obra, materiales consumibles, energía, costo de utilización del equipo y costos generales.

El procedimiento de soldadura es el punto de partida para la determinación de los costos de Soldadura por Arco Sumergido, ya que en el procedimiento se definió las variables de soldadura y la consistencia durante la producción.

#### **3.2. ELEMENTOS DE COSTO EN EL PROCESO DE SOLDADURA**

Cada trabajo de soldadura presenta al diseñador y calculista sus propias características y dificultades, por lo cual, el modelo de costos que a continuación se desarrolla, propone un rango de generalidad amplio que permite abarcar cualquier tipo de proceso de soldadura.

De otro modo, se intenta enfocar el problema con un equilibrio justo entre la exactitud y la simplicidad, es decir proponiendo fórmulas de costos de fácil aplicación, aun cuando ello signifique eliminar términos de incidencia leve en el resultado buscado.



### 3.2.1. METAL DE SOLDADURA NECESARIO PARA LAS UNIONES

Representa la cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada. Este elemento es en el cual se basa el cálculo de costo de soldadura, este mismo cálculo se utiliza para determinar la cantidad de metal de soldadura para aplicaciones como para soldaduras de relleno y revestimiento.

La mayoría de códigos presentan uniones estandarizadas, como en la tabla 3.1 se muestra diseños de junta típicos, de modo que proporcionan información acerca del área y peso calculados para esos diseños de unión en varios espesores de material. Esta información se basa en el uso del acero como metal base y como metal de soldadura; aunque la información se presta para que se pueda calcular los datos para otros metales.

El área de la sección transversal se relaciona con las uniones estándar y se puede modificar para distintos metales basándose en su densidad. En las tablas 3.1 y 3.2 se dan las medidas convencionales en unidades inglesas. Cada soldadura tiene una superficie de sección transversal que se puede determinar directamente por cálculos geométricos. Si se estandarizan los detalles de la soldadura, es muy sencillo calcular el área de la sección transversal. En la tabla 3.1 se ilustra las fórmulas para las distintas soldaduras. En esta figura, la nomenclatura de las letras para las distintas partes de la soldadura son las siguientes:

- A: Angulo del surco o bisel
- CSA: Área de la sección transversal
- D: Diámetro de las soldaduras de tapón o de punto al arco
- L: Longitud de la soldadura de ranura
- R: Radio (se usa en los biseles en J y en U)
- AR: Abertura de raíz
- RF: Cara de la soldadura

- S: Tamaño del chaflán, del cordón, o de la soldadura de bisel cuando no hay penetración completa
- T: Espesor
- W: Ancho del recubrimiento

Tabla 3.1 Áreas y Volúmenes del Depósito de Metal de Soldadura

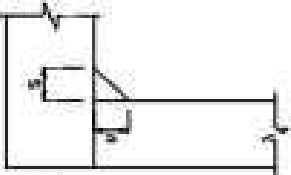
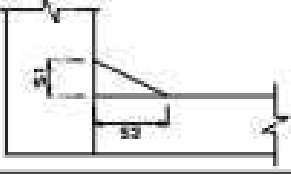

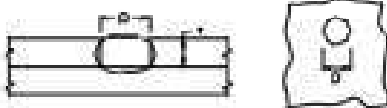
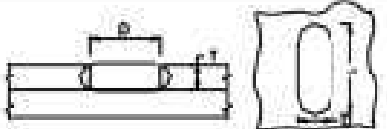
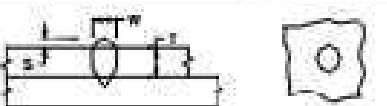
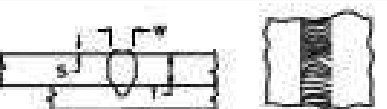

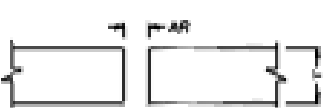
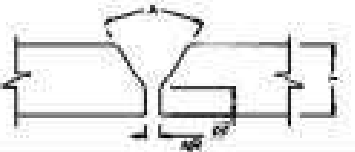
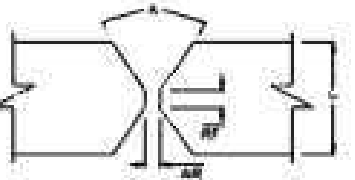
SOLDADURA	DISEÑO	FÓRMULA PARA EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL
CHAFLAN (LADOS IGUALES)		$CSA = 1/2(s)^2$
CHAFLAN (LADOS DCS-IGUALES)		$CSA = 1/2(s1 \times s2)$
DE REYES-TINIENTO		$CSA = S \times W$
DE TAPON		$V = \pi (D/2)^2 \times L$ LA FÓRMULA OBTIENE EL VOLÚMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE RANURA		$V = \left[ \pi (D/2)^2 + (L-D)D \right] T$ LA FÓRMULA OBTIENE EL VOLÚMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE PUNTO AL ARCO		$V = 1/25 \left[ \pi (D/2)^2 \right] L$ LA FÓRMULA OBTIENE EL VOLÚMEN DE METAL DE SOLDADURA POR CADA SOLDADURA
DE COSTURA EN AL ARCO		$CSA = 1/2WS$
CORCHON		$CSA = 1/2WS$
RECTA		$CSA = AR \times T$
IN V SIMPLE		$CSA = (T-RF)^2 \tan (A/2) + AR \times T$
IN V DOBLE		$CSA = 1/2(T-RF)^2 \tan (A/2) + AR \times T$

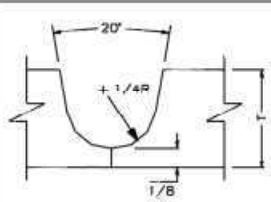
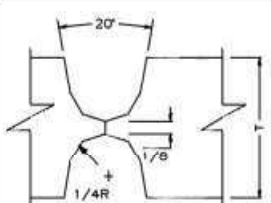
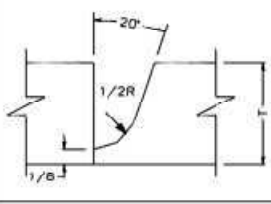
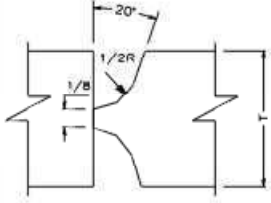
Tabla 3.1 Áreas y Volúmenes del Depósito de Metal de Soldadura (cont.)

SOLDADURA	DISEÑO	FORMULA PARA EL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL
RSBL SENCILLO		$CSA = 1/2(T-RF)^2 \tan A + AR \times T$
RSBL DOBLE		$CSA = 1/4(T-RF)^2 \tan A + AR \times T$
U SENCILLO		$CSA = (T-R-RF)^2 \tan(A/2) + 2R(T-R-RF) + 1/2 \pi R^2 + AR \times T$
U TRIPLE		$CSA = 1/2(T-2R-RF)^2 \tan(A/2) + 2R(T-2R-RF) + \pi R^2 + AR \times T$
J SENCILLO		$CSA = 1/2(T-R-RF)^2 \tan A + R(T-R-RF) + 1/4 \pi R^2 + AR \times T$
J DOBLE		$CSA = 1/4(T-2R-RF)^2 \tan A + R(T-2R-RF) + 1/2 \pi R^2 + AR \times T$
CR Y DOBLADA		$CSA = \frac{(2 \times R + T)^2 - \pi (R + T)^2}{2}$
RSBL DOBLADO		$CSA = \frac{(2 \times R + T)^2 - \pi (R + T)^2}{4}$

Tabla 3.2 Áreas y Pesos del Depósito de Metal de Soldadura

SOLDADURA	DISEÑO	1 en pulg.	CSA en cm <sup>2</sup>	Deposito teorico de soldadura, kg/m	CSA c./ref. en cm <sup>2</sup> .	Deposito de soldadura c./refuerzo, kg/m
CHAFLAN (LAGOS IGUALES)		1/8	0.063	0.040	0.088	0.048
		3/16	0.118	0.091	0.129	0.100
		1/4	0.200	0.156	0.219	0.174
		5/16	0.319	0.248	0.298	0.274
		3/8	0.418	0.353	0.407	0.361
		7/16	0.518	0.466	0.534	0.527
		1/2	0.608	0.534	0.600	0.590
		9/16	1.019	0.801	1.123	0.881
		5/8	1.258	0.988	1.387	1.087
		3/4	1.813	1.430	1.994	1.569
7/8	2.471	2.240	2.645	2.445		
1	3.230	3.040	3.550	3.298		
CHAFLAN (LAGOS DCS-IGUALES)		1/4+3/8	0.303	0.259	0.335	0.263
		3/8+1/2	0.600	0.470	0.600	0.523
		1/2+5/8	1.006	0.790	1.110	0.889
		5/8+3/4	1.510	1.190	1.603	1.305
		3/4+1	2.019	1.690	2.090	1.690
RECTA		1/8	0.103	0.080	0.123	0.097
		3/16	0.123	0.097	0.148	0.118
		1/4	0.148	0.118	0.174	0.140
		5/16	0.174	0.137	0.206	0.164
		3/8	0.200	0.157	0.239	0.188
		7/16	0.232	0.197	0.303	0.236
Y SENCILLA		1/4	0.432	0.340	0.477	0.374
		3/8	0.826	0.673	0.910	0.629
		1/2	1.329	1.050	1.465	1.151
		5/8	1.988	1.550	2.168	1.708
		3/4	2.700	2.130	2.970	2.348
		1	4.530	3.570	4.980	3.930
Y DOBLE		3/4	1.852	1.300	1.991	1.564
		1	3.079	2.120	3.210	2.799
		1-1/4	3.920	3.090	4.710	3.710
		1-1/2	5.410	4.270	6.490	5.120
		1-3/4	7.130	5.610	8.550	6.740
		2	9.080	7.130	10.990	8.530
		2-1/4	11.24	8.870	13.48	10.49
		2-1/2	14.26	11.23	17.11	13.48
		2-3/4	18.32	14.80	21.59	18.43
		3	19.21	15.14	23.05	18.17
3-1/2	25.60	20.18	30.74	24.21		
4	36.30	28.53	43.51	34.23		
SÉL SENCILLO		1/4	0.406	0.327	0.445	0.353
		3/8	0.755	0.643	0.832	0.597
		1/2	1.213	0.958	1.335	1.051
		5/8	1.941	1.530	2.135	1.680
		3/4	2.419	1.910	2.660	2.100
		1	4.030	3.180	4.430	3.500
SÉL DOBLE		5/8	1.129	0.860	1.361	1.073
		3/4	1.510	1.190	1.814	1.429
		7/8	1.942	1.530	2.329	1.834
		1	2.420	1.810	2.990	2.290
		1-1/4	3.530	2.780	4.230	3.330
		1-1/2	4.840	3.820	5.810	4.580
		1-3/4	6.350	5.010	7.620	6.010
		2	8.060	6.350	9.890	7.820
		2-1/2	10.10	8.540	11.45	11.45
		3	16.94	13.34	20.00	16.01

**Tabla 3.2** Áreas y Pesos del Depósito de Metal de Soldadura (cont.)

SOLDADURA	DISEÑO	T en pulg.	CSA en cm <sup>2</sup> .	Deposito teorico de soldadura, kg/m	CSA c/ref. en cm <sup>2</sup> .	Deposito de soldadura c/refuerzo, kg/m
U SENCILLA		1/2	1.052	0.828	1.155	0.911
		3/4	2.000	1.580	2.200	1.736
		7/8	2.530	2.000	2.780	2.195
		1	3.090	2.440	3.400	2.680
		1-1/4	4.330	3.410	4.760	3.750
		1-1/2	5.710	4.500	6.280	4.950
		1-3/4	7.230	5.700	7.950	6.270
		2	8.880	6.980	9.770	7.680
		2-1/2	12.65	9.960	13.92	10.96
		3	16.97	13.36	18.67	14.70
U DOBLE		1	2.550	2.010	3.060	2.420
		1-1/4	3.500	2.760	4.210	3.310
		1-1/2	4.520	3.560	5.430	4.280
		1-3/4	5.610	4.430	7.740	5.310
		2	7.430	5.850	8.910	7.020
		2-1/4	8.010	6.320	9.610	7.580
		2-1/2	9.320	7.340	11.17	8.810
		2-3/4	10.70	8.430	12.90	10.11
		3	12.12	9.560	14.55	11.47
		3-1/2	15.41	12.15	18.50	14.58
J SENCILLA		1/2	1.161	0.916	1.277	1.007
		3/4	1.694	1.320	1.852	1.460
		1	2.640	2.080	2.900	2.290
		1-1/4	3.740	2.950	4.120	3.250
		1-1/2	4.990	3.940	5.490	4.350
		1-3/4	6.380	5.030	7.020	5.550
		2	7.930	6.250	8.720	6.870
		2-1/4	9.620	7.580	10.58	8.250
		2-1/2	11.45	9.020	12.59	9.920
		V DOBLE		1	2.323	1.830
1-1/4	2.820			2.220	3.380	2.670
1-1/2	3.800			3.000	4.560	3.600
1-3/4	4.700			3.700	5.640	4.440
2	5.650			4.450	6.770	5.340
2-1/4	6.630			5.230	7.970	6.280
2-1/2	7.680			6.060	9.220	7.270
2-3/4	8.780			6.920	10.53	8.300
3	9.900			7.810	11.88	9.370
3-1/2	12.32			9.710	14.78	11.65
4	14.92	11.75	17.91	14.10		

La información que aparecen en las tablas 3.1 y 3.2 se puede aplicar de distintos modos. Por ejemplo, el cordón de soldadura puede ser usado para hacer un cordón de respaldo o un cordón de sello para los metales más delgados para las soldaduras de brida, de borde y en esquina.

Cuando se usan soldaduras de diferente configuración en su diseño, se calcula el área de la sección transversal mediante fórmulas geométricas. Estas fórmulas para cada soldadura dan los valores teóricos de superficie de sección transversal con una superficie a ras. El refuerzo de la soldadura no se incluye en estos valores. Sin embargo, para fines prácticos, se debe agregar refuerzo a toda soldadura.

En las tablas 3.1 y 3.2 se muestran los diseños estandarizados de soldadura. En esta figura dichos diseños se relacionan con los espesores del material. Para

cada tipo de soldadura se muestra el área teórica de la sección transversal en centímetros cuadrados, en su nivel normal de espesores. Además, el peso teórico del depósito de soldadura se muestra con relación al diseño y el espesor. El peso se basa en una unión de 1 [m] de longitud, y el consumo de metal (acero) de soldadura está en kilogramo por metro lineal de soldadura. Esto se calcula mediante la ecuación (3.1).

$$PDS [kg/m] = CSA[cm^2] \times \delta_m [kg/cm^3] \times 100 \quad (3.1)$$

Donde:

PD: Peso del depósito de soldadura

CSA: Área de la sección transversal

$\delta_m$ : Densidad del metal de aporte

La constante  $\delta_m = 0.00785$  es el peso en [kg] de 100 [cm<sup>3</sup>] de acero. Los datos pueden servir para cualquier metal empleando según su densidad. Para hacer más prácticos los datos se agrega un factor de refuerzo. A las soldaduras de bisel simple se añade un valor del 10% y para las de doble bisel 20%. También se aumenta como refuerzo un 10% a las soldaduras de chaflán. Son cantidades arbitrarias, pero para la mayoría de cálculos son bastante exactas.

Para mayor exactitud sería mejor hacer soldaduras típicas, calcular su sección transversal y medir el refuerzo. Esto sería exacto para una soldadura en particular, pero como el refuerzo varía, podría no valer la pena el esfuerzo. La cantidad de refuerzo en una soldadura se debe mantener al mínimo porque aumenta la cantidad de soldadura necesaria. La tabla 3.2, por tanto, incluye dos columnas adicionales. Una de la sección transversal de las soldaduras en centímetros cuadrados en los distintos espesores del material, ya con el refuerzo agregado. Y la columna final da el peso del depósito de soldadura, con refuerzo, en kilogramos por metro de soldadura.

Otra ventaja de los datos presentados en la tabla 3.2 es su utilidad para visualizar cómo se relacionan los costos de soldadura con los diseños de unión. Ilustran la cantidad de metal de soldadura necesario de acuerdo al aumento del área de la

sección transversal o peso del metal de aporte necesario de soldadura cuando se aumenta el tamaño de sección de una soldadura de chaflán. Se pueden hacer otras comparaciones como la diferencia en el área de la sección transversal del metal de soldadura necesario entre una soldadura de bisel y otra de bisel en "V", o entre una soldadura de bisel sencillo o de bisel por los dos lados (doble bisel).

### **3.2.2. REQUERIMIENTOS DE CONSUMIBLES**

#### **3.2.2.1. Fundentes**

Los fundentes pueden ser utilizados en soldadura al arco sumergido y soldadura eléctrica en baño de escoria (Electroslag). Aquí interesan sólo los fundentes utilizados en la soldadura por arco sumergido. Estos son materiales minerales fusibles granulados, los cuales están esencialmente libres de sustancias que pudieran crear grandes cantidades de gases durante la soldadura.

Algunos fundentes especiales realizan la función adicional de contribuir con elementos de aleación al depósito de soldadura, desarrollando por tanto características específicas del metal de soldadura de resistencia más elevada o aun resistencia a la abrasión. La elección del fundente depende del procedimiento de la soldadura a emplear, del tipo de unión, y de la composición de material a soldar.

#### **3.2.2.2. Otros Materiales**

Dentro de estos materiales se pueden considerar planchas de refuerzo, pestañas de inicio y de escurrimiento, componentes que permitan disminuir las salpicaduras al momento de soldar, etc. Estos materiales van a incrementar los costos de soldadura y por ende su consideración no debe pasar muy desapercibida.

### **3.2.3. TIEMPO Y MANO DE OBRA**

Los costos de mano de obra se basan en los tiempos que toma llevar a cabo todos los pasos en la fabricación de una construcción soldada. Estos tiempos pueden ser agrupados dentro de tiempo de arco, tiempo de manipulación y diversos tiempos en el lugar de trabajo. Los tiempos de arco dependen de factores controlados por la fuente de poder y de los equipos asociados, tales como velocidad de alimentación velocidad de avance, tipo de energía para soldar



y polaridad. Existen muchas variables independientes que afectan la rapidez con que la soldadura es realizada, procesos de soldadura, diseño de juntas, dimensiones de la soldadura, tipo y diámetro del electrodo, y posición de la soldadura son algunas de estas variables.

El tiempo de manipulación incluye operaciones en el lugar de trabajo, como son: recoger las piezas, colocarlas en una instalación fija, sujetarlas y posicionarlas antes y durante la soldadura y finalmente mover lo soldado a otra posición. El tiempo de manipulación puede ser calculado en una estimación con razonable exactitud sólo para aquellas operaciones que son repetitivas. Las variaciones en el tiempo de manipulación de naturaleza no repetitiva son mejor incluidos en los diversos tiempos en el lugar de trabajo. La introducción de la ingeniería industrial puede ser necesaria cuando se analice el tiempo de manipulación.

Los diversos tiempos en el lugar de trabajo incluyen muchos tiempos no repetitivos y no periódicos que no pueden ser fácilmente medidos pero que deben ser costeados. Estos pueden incluir elementos tales como estampado de piezas, aplicación de compuestos anti salpicaduras, reposicionamiento de la pieza entre los pases de la soldadura y algunos incrementos de tiempo no directamente involucrados en hacer soldadura.

#### **3.2.4. COSTOS DE ELECTRICIDAD**

El costo de la energía eléctrica usada es determinado por la cantidad de corriente de soldadura, voltaje de soldadura, eficiencia de la fuente de poder y el costo de la energía en [W-h]. El consumo de energía cuando la máquina está parada es despreciable pues es un pequeño porcentaje del total de la energía consumida por la máquina de soldar.

A continuación en la tabla 3.3 se muestra el costo de servicio de distribución eléctrica, a lo igual que otros factores como la participación en porcentaje del costo de servicio, la generación eléctrica, transmisión y distribución.

**Tabla 3.3** Costo del Servicio de Distribución Eléctrica<sup>14</sup>

EMPRESAS	PRECIO MEDIO	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN	GENERACIÓN	TRANSMISIÓN	DISTRIBUCIÓN
	USD/kWh	USD/kWh	USD/kWh	USD/kWh			
AMBATO	0,0943	0,0479	0,0046	0,0418	50,80%	4,86%	44,35%
AZOGUES	0,0884	0,0479	0,0046	0,0359	54,19%	5,18%	40,62%
CNEL - BOLÍ	0,1329	0,0479	0,0046	0,0804	36,05%	3,45%	60,50%
UEG	0,0737	0,0479	0,0046	0,0212	65,06%	6,22%	28,72%
CENTRO SU	0,0925	0,0479	0,0046	0,0399	51,84%	4,96%	43,20%
COTOPAXI	0,0986	0,0479	0,0046	0,0461	48,61%	4,65%	46,74%
CNEL - EL O	0,0808	0,0479	0,0046	0,0283	59,33%	5,67%	34,99%
CNEL - GUA	0,0844	0,0479	0,0046	0,0319	56,77%	5,43%	37,80%
CNEL - ESM	0,0824	0,0479	0,0046	0,0299	58,17%	5,56%	36,26%
CNEL - LOS	0,0862	0,0479	0,0046	0,0337	55,57%	5,31%	39,11%
CNEL - MAN	0,0777	0,0479	0,0046	0,0252	61,67%	5,90%	32,43%
CNEL - MILA	0,0838	0,0479	0,0046	0,0313	57,22%	5,47%	37,31%
NORTE	0,0978	0,0479	0,0046	0,0453	49,02%	4,69%	46,30%
QUITO	0,0826	0,0479	0,0046	0,0301	58,00%	5,55%	36,45%
RIOBAMBA	0,1082	0,0479	0,0046	0,0557	44,31%	4,24%	51,46%
CNEL - SAN	0,0880	0,0479	0,0046	0,0355	54,48%	5,21%	40,32%
CNEL - SAN	0,0876	0,0479	0,0046	0,0351	54,73%	5,23%	40,03%
SUR	0,1236	0,0479	0,0046	0,0711	38,78%	3,71%	57,51%
CNEL - SUC	0,1021	0,0479	0,0046	0,0496	46,93%	4,49%	48,58%
GALAPAGO	0,1346	0,0479	-	0,0867	35,61%	0,00%	64,39%
<b>TOTAL DEM</b>	<b>0,0831</b>	<b>0,0479</b>	<b>0,00457</b>	<b>0,0306</b>	<b>57,68%</b>	<b>5,50%</b>	<b>36,81%</b>

*Estudio de Costos 2010*

### 3.2.5. COSTOS GENERALES

Los costos generales son el costo de muchos elementos u operaciones en la fábrica y en la oficina, no directamente asignables al trabajo o a las construcciones soldadas. Estos costos son repartidos a proporción entre todos los trabajos que se estén haciendo en la planta o en un departamento. Las principales categorías pueden incluir algo o todo de lo siguiente:

- Salarios de los ejecutivos de la planta, supervisores, inspectores, personal de mantenimiento, conserjes y otros.
- Margen de beneficios para los empleados, tales como seguros de vida y servicio médico, seguridad social y fondo de contribuciones para pensiones de jubilación.
- Renta y depreciación de la planta, facilidades.

<sup>14</sup> <http://www.conelec.gob.ec>

- Costos de depreciación o de arrendamiento de los equipos de la planta incluyendo máquinas de soldar, equipo de manipulación, grúas aéreas y todo otro equipo que no esté cargado directamente al trabajo o a una construcción soldada específica.
- Costos de mantenimiento de los edificios, terrenos, etc.
- Todos los impuestos de la planta, estado real, equipo y planilla de pagos.
- Calefacción, luz, agua y otros servicios públicos utilizados en las operaciones de la planta.
- Pequeñas herramientas, como son llaves de tuerca, martillos de cincelar y porta electrodos, piquetas, instrumentos de control de calidad en soldadura, etc.
- Equipos de seguridad y contra incendios.
- Departamentos de prueba incluyendo laboratorios de química, de metalurgia y de procesamiento de datos.

Todas las empresas tienen algún sistema para manejar y determinar los costos generales. La asignación de los costos por costos generales es usualmente una función del departamento de contabilidad.

### **3.3. METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LOS COSTOS DE SOLDADURA**

#### **3.3.1. FACTOR OPERADOR**

Cuando se realiza una construcción soldada hay dos tiempos que se deben tomar en cuenta, estos son el tiempo en el que el operador está efectivamente depositando material y los tiempos accesorios. Al primero se le conoce como duración de arco, y viene a ser el tiempo en que el soldador está depositando metal en la junta. Entre los tiempos accesorios se tiene: tiempo de ensamble, de posicionamiento y de preparación de la junta. Cuando retira un montaje de su posición o limpia una soldadura, él está necesariamente ejecutando “reiteradas” operaciones. Cuando cambia electrodos, cuando se mueve de un lugar a otro o

cuando se detiene a tomar alguna bebida, él no está soldando. Las horas totales trabajadas son siempre mayores que las que las horas empleadas únicamente en soldar, y la relación entre las horas pasadas soldando y las horas totales trabajadas es conocida como factor operador.

El factor operador o ciclo de trabajo en la soldadura al arco es la razón entre la duración de arco y un período especificado de tiempo, que puede ser un minuto, una hora, una jornada, o algún otro espacio de tiempo. Elevar la duración de arco incrementa la cantidad de metal de aporte depositado; por tanto, incrementa la eficiencia de la operación de soldadura. Sin embargo otras operaciones que un soldador o un operador de máquina tiene que desempeñar tales como limpiar piezas, cargar accesorios o soldar por puntos, pueden bajar el factor operador.

Un elevado factor operador no indica necesariamente bajo costo porque el procedimiento de soldadura puede requerir de una gran duración de arco.

**Tabla 3. 4** Factor de Operación<sup>15</sup>

<b>PROCESO</b>	<b>FACTOR DE OPERACIÓN [%]</b>
Electrodo Manual	5 – 30
MIG Sólido	10 – 60
MIG Tubular	10 – 60
TIG	5 – 20
Arco Sumergido	50 – 100

El factor operador puede elevarse con el uso de posicionadores y accesorios, y con procesos semiautomáticos y automáticos de soldadura donde el soldador o el operador de la máquina no desempeñan otras tareas, tales como cincelado y cambio de electrodos.

### **3.3.2. REQUERIMIENTOS Y COSTO DEL METAL DE APORTE**

La figura 3.1 proporciona la información necesaria para calcular el “peso del metal depositado” en una unión soldada o en una construcción soldada. También contienen tablas que proporcionan el peso del depósito de soldadura para diseños

<sup>15</sup> INDURA; Manual de Soldadura

estándar para distintos espesores de material. El peso total del metal de soldadura depositado en la unión, o el necesario para producir la construcción soldada, se puede calcular fácilmente con esas tablas.

El peso del metal de aporte que se compra para ejecutar la soldadura o la construcción soldada es mayor que el peso del depósito del metal. Expuesto de otro modo, significa que se debe comprar más metal de aporte que lo que se deposita debido a las pérdidas en los extremos no quemados, las pérdidas en el recubrimiento o escoria, las pérdidas por salpicadura, etc. Esto se puede demostrar por la ecuación 3.2. Estas pérdidas a veces se representan como una proporción y se denominan eficiencia de depósito, rendimiento del metal de aporte, o relación de recuperación.

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{1-PTE} \quad (3.2)$$

Donde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

PDS: Peso del depósito de soldadura

PTE: Pérdida total de electrodos

La eficacia del depósito es la relación del peso de soldadura depositado en la unión dividido entre el peso neto del metal de aporte que se consume, sin los extremos no quemados. Como se encuentra en la ecuación 3.3, el rendimiento del metal de aporte es la relación del peso depositado del metal de soldadura dividido entre el peso bruto del metal de aporte que se usa. Así, el rendimiento se relaciona con la cantidad de metal de aporte que se compra.

$$PMAN [kg/m] = \frac{PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (3.3)$$

Donde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte

En la siguiente tabla se resume la eficiencia o rendimiento de aportación.

**Tabla 3.5** Eficiencia de Aportación<sup>16</sup>

<b>PROCESO</b>	<b>EFICIENCIA DE APORTACIÓN [%]</b>
Electrodo Manual	60 - 70
MIG Sólido	90
MIG Tubular con Protección	83
MIG Tubular sin Protección	79
TIG	95
Arco Sumergido	98

La eficacia de depósito o rendimiento del material de aporte y del proceso tienen un efecto importante sobre el costo del metal de soldadura depositado.

$$CE [USD/m] = \frac{C_e [USD/kg] \times PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (3.4)$$

Donde:

CE: Costo del electrodo por metro

Ce: Costo del electrodo por kilogramo

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte

El costo del metal de aporte se puede calcular de distintas maneras. La más común se basa en el costo por metro de soldadura, como se puede ver en la ecuación 3.4.

Hay otro método para calcular la cantidad de metal de soldadura necesario cuando se usen procesos de alambre continuo. Es adecuado para la soldadura en

<sup>16</sup> INDURA; Manual de Soldadura

un solo paso. Se necesitan tres cálculos sencillos, pero el resultado final es el costo del electrodo por metro de soldadura.

El primer paso es determinar la cantidad de electrodo usado, expresada como [kg/h], aplicando la ecuación 3.5.

$$PEN [kg/h] = \frac{VAE [m/min] \times 60}{LE [m/kg]} \quad (3.5)$$

Donde:

PEN: Peso de electrodo necesario

VAE: Velocidad de alimentación del electrodo

LE: Longitud de electrodo por kilogramo

Para lo cual la longitud de alambre-electrodo por peso se basa en la siguiente tabla:

**Tabla 3.6** Longitud por Peso de Electrodo Sólido en Varios Tipos y Tamaños<sup>17</sup>

DIÁMETRO DE ALAMBRE [in]	METROS DE METAL POR KILOGRAMO								
	Al	Aluminio 100% Bronce	Bronce al Si	Cobre	Cu- Ni	Mg	Ni	Acero Suave	Acero Inox.
3/64	358	128	114	108	110	558	109	123	121
1/16	189	62	59.7	57	58	294	57.5	65	64
5/64	118	42.2	37.7	35.7	36.3	184	36.1	40.8	40
3/32	84	30	28.5	25.4	25.8	131	25.7	29	28.5
1/8	46.1	16.5	14.7	13.9	14.1	71	14	15.9	15.6
5/32	29.6	10.6	9.43	8.93	9.1	46	9.05	10.1	10
3/16	21	7.5	6.7	6.37	6.48	32.8	6.42	7.26	7.09
1/4	11.5	4.13	3.69	3.46	3.57	17.9	3.52	3.96	3.91

Los kilogramos por hora del electrodo que usa no toman en cuenta el rendimiento o factor de velocidad de depósito porque se está midiendo realmente el material consumido. El factor 60 son los minutos en una hora, que convierte minutos a horas.

<sup>17</sup> Bazán Ciro; "DETERMINACIÓN DE ELECTRODOS Y CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA AL ARCO ASISTIDOS POR COMPUTADORA"; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; UNIVERSIDAD DE PIURA; Perú; 1998

El peso por longitud del electrodo de alambre es una propiedad física del alambre basada en su tamaño y la densidad del metal del alambre. La velocidad de alimentación del alambre en metros por minuto es la misma que la velocidad de fusión de un electrodo de alambre sin considerar pérdidas por salpicadura.

La velocidad de alimentación del alambre se puede determinar por medio de diagramas que la relacionan con la corriente de soldar que depende del tamaño del electrodo, su composición y el proceso de soldadura.

Para arco sumergido la velocidad de alimentación o fusión del alambre, es principalmente función de:

- Intensidad aplicada
- Naturaleza de la corriente (CC o CA)
- Polaridad
- Tipo de alambre (acero al carbono o acero inoxidable/sólido o tubular)

Los diagramas que muestran la relación entre la velocidad de alimentación y la corriente se encuentran en el Anexo 10.

La siguiente figura es un resumen de las ya mencionadas relaciones entre la velocidad de alimentación y el amperaje.

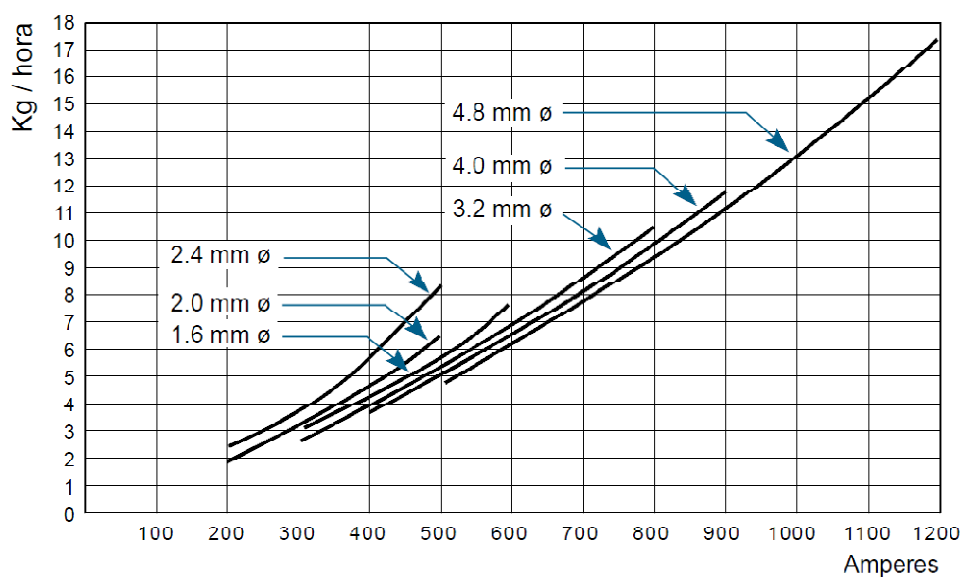


Figura 3.1 Velocidad de Aportación



La segunda parte de este cálculo es determinar o medir la velocidad de soldadura y expresarla como metros por hora. Normalmente, los procedimientos de soldadura dan la velocidad del recorrido o avance en metros o pulgadas por minuto. Si este dato no está en el procedimiento de soldadura, aunque para este caso el equipo suministra el dato de la velocidad de avance en centímetros por minuto para lo cual la aplicación de factores de conversión permitiría transformar la velocidad de avance a metros por hora.

La tercera parte del cálculo es determinar el peso del metal de soldadura por metro de soldadura, como lo demuestra la ecuación 3.6. La información anterior entonces se tendrá que multiplicar por el precio del electrodo [USD/kg] para obtener el costo del electrodo en [USD/m] equivalente a un pase de soldadura.

$$PMAN [kg/m] = \frac{VD [kg/h]}{VA [m/h]} \quad (3.6)$$

Donde:

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

VD: Velocidad de depósito

VA: Velocidad de avance

$$CEUP [USD/m] = PMAN [kg/m] \times Ce [USD/kg] \quad (3.7)$$

Donde:

CEUP: Costo del electrodo por metro en un solo pase

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

Ce: Costo del electrodo por kilogramo

### 3.3.3. COSTOS DE MATERIALES DIVERSOS

#### 3.3.3.1. Fundente

El costo del fundente en la soldadura de arco sumergido se puede relacionar con el peso del metal de soldadura depositado y calcularse mediante la ecuación 3.8.

$$CF [USD/m] = Cf [USD/kg] \times PDS [kg/m] \times RF \quad (3.8)$$

Donde:

CF: Costo del fundente por metro

Cf: Costo del fundente por kilogramo

PDS: Peso del depósito de soldadura

RF: Relación de fundente

En el proceso de soldadura con arco sumergido generalmente se utiliza un kilogramo de fundente por cada kilogramo de electrodo depositado. Esto constituye una relación de 1 de fundente-acero. Esta relación puede cambiar con cada uno de los procedimientos de soldadura y los distintos tipos de fundente, en los cuales el fabricante menciona valores de consumo.

El consumo de fundente varía con la tensión del arco. Con corriente alterna se obtiene un consumo más bajo que con corriente continua. Los valores normales son:

**Tabla 3.7** Consumo de Fundente de Acuerdo a la Tensión de Arco<sup>18</sup>

<b>CONSUMO DE FUNDENTE [kg fundente/kg de electrodo]</b>	<b>VOLTAJE [V]</b>
0.65 - 0.70	30
0.9	34
1.25	38

Para calcular los costos se puede usar la relación de fundente; sin embargo, para mayor exactitud, se deben correr pruebas con cada fundente que se use. La relación de fundente puede ser de hasta 1.5.

### **3.3.4. COSTO DE MANO DE OBRA**

El costo de mano de obra necesaria para hacer una soldadura es quizá el principal factor unitario en el costo total de una soldadura. En la sección 3.2 se

<sup>18</sup> MANUAL DE SOLDADURA ESAB; Materiales de Aporte y Equipos para la Soldadura Manual y Automática

proporcionó el peso del depósito de metal para distintas soldaduras de diferentes tamaños. Con esta información se determina el costo de los metales de aporte necesarios. La cantidad de depósito de soldadura, o la de metal de aporte necesario es una base para determinar la cantidad de tiempo indispensable para ejecutar una soldadura o una construcción soldada. El tiempo normalmente es la base para el pago de los soldadores.

La base para calcular el costo de mano de obra en dólares por metro aparece en la ecuación 3.9. El factor operador que se muestra es el mismo que el ciclo de la jornada, que es el porcentaje del tiempo de arco contra el tiempo total pagado.

$$CMO [USD/m] = \frac{SS [USD/h]}{VA [m/h] \times FO [\%]} \quad (3.9)$$

Donde:

CMO: Costo mano de obra

SS: Sueldo de soldador u operador de soldadura

VA: Velocidad de avance

FO: Factor de operador

Cada uno de los elementos de esta fórmula requiere un profundo análisis. La tarifa de pago por hora al soldador se puede incluir en la fórmula; sin embargo, en la mayoría de casos, las compañías prefieren sectorizar la tarifa de pago para cubrir las prestaciones, como el costo de seguro, vacaciones, días festivos, etc. Este es un factor que se debe determinar y estar de acuerdo con los sistemas de contabilidad de cada compañía.

A veces se emplea el estudio de tiempos para calcular el factor operador basándose en trabajos semejantes al que se está calculando el costo. Los resultados de éste cálculo dan los costos de mano de obra por metro de unión soldada. Este se puede sumar al costo por metro en materiales, metales de aporte, etc.

Para calcular el factor operador, cuando no se dispone de otros datos, será de gran ayuda la tabla 3.4. En ésta se muestra la relación del factor operador con el

método de aplicación de soldadura. La disposición del trabajo, el uso de posicionadores y soportes, si el trabajo es bajo techo o a la intemperie, todo lo anterior influye en el factor operador.

Cuando no se disponga de un catálogo de procedimientos de soldadura, o si la velocidad del recorrido implica más de un paso, se usa la ecuación 3.10.

$$CMO [USD/m] = \frac{SS [USD/h] \times PDS [kg/m]}{VD [kg/h] \times FO [\%]} \quad (3.10)$$

Donde:

CMO: Costo mano de obra

SS: Sueldo de soldador u operador de soldadura

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito

FO: Factor de operador

Los datos sobre el peso de depósito del metal en kilogramos por metro se presentan en las tablas 3.1 y 3.2. Como ya se mencionó, se puede cambiar para distintos metales si se usa la respectiva densidad del metal en la fórmula. Esta referencia es universal cuando se usa el factor adecuado de densidad. El nuevo factor introducido por esta fórmula es la velocidad de aportación o depósito en kilogramos por hora. La velocidad de depósito es el peso del metal de aporte depositado en una cantidad de tiempo. Se expresa en kilogramos por hora. Los diagramas y las gráficas que se muestran en el anexo 10 dan información sobre la velocidad de aportación. Donde La velocidad de fusión, es decir la velocidad de alimentación del electrodo se obtienen a partir de la intensidad y voltaje.

Se dan las velocidades de fusión en centímetros por minuto según el tipo y el tamaño del electrodo y la corriente.

La relación entre la velocidad de fusión y el peso del metal de aporte fundido se puede determinar mediante la ecuación 3.11.

$$VD [kg/h] = \frac{VF [m/min] \times 60}{LE [m/kg] \times RMA [\%]} \quad (3.11)$$

Donde:

VD: Velocidad de depósito

VF: Velocidad de fusión

LE: Longitud de electrodo por kilogramo

RMA: Rendimiento del metal de aporte

La velocidad de depósito, en kilogramos de metal depositado por hora, se relaciona con la velocidad de fusión dividiendo ésta entre la eficacia del depósito o rendimiento del metal de aporte. Para el proceso de soldadura por arco sumergido, SAW el rendimiento es alto, como se ilustra en la tabla 3.5.

### 3.3.5. COSTO DE ELECTRICIDAD

A veces el costo de la energía eléctrica se considera parte de los costos generales. En ciertas compañías, a la energía eléctrica se le considera como costo directo y se carga junto con cada uno de los trabajos. Este es en más frecuencia el caso de la soldadura de campo, y no el de los talleres de soldadura de grandes construcciones. En este caso se usa la ecuación 3.12.

$$CEE [USD/m] = \frac{TE [USD/kWh] \times V [V] \times A [A] \times PDS [kg/m] \times 60}{100000 \times VD [kg/h] \times FO [\%] \times EFE [\%]} \quad (3.12)$$

Donde:

CEE: Costo de energía eléctrica por metro

TE: Tarifa eléctrica

V: Voltaje

A: Amperaje

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito

FO: Factor de operador

EFE: Eficiencia de la fuente de energía

La tarifa local de energía eléctrica se basa en la cantidad cobrada a la compañía por la empresa de energía eléctrica local ver tabla 3.3.

Si se incurre en costos generales por tiempo, factor de potencia, etc., éstos se deben incluir. Los voltios y los amperios son los valores que se usan al ejecutar las soldaduras. El peso del metal es el peso del metal de soldadura que se deposita. La velocidad de depósito es la calculada por la ecuación 3.11, así como el factor operador se da de acuerdo a la tabla 3.4. El factor final es la eficiencia o rendimiento de la fuente de potencia, y se puede encontrar por la curva de operación de la máquina.

### **3.3.6. COSTOS GENERALES**

Los costos generales incluyen una gran cantidad de rubros, tanto en la fábrica como en la oficina. Constan sueldos de ejecutivos de la compañía, supervisores, inspectores, del personal de mantenimiento, limpieza y otras personas de las que no se puede cargar directamente su salario a un trabajo de soldadura o construcción en particular. Otro factor importante de los costos generales es la renta o depreciación de la planta, el mantenimiento general del edificio, terrenos, etc. La depreciación del equipo de la planta comprende las máquinas soldadoras, el equipo de manejo de materiales, grúas aéreas, y todo equipo que no esté cargado directamente a determinada construcción soldada. Además, todos los impuestos sobre la planta, terrenos, equipos, nómina y demás impuestos que se apliquen a su funcionamiento se consideran como costos generales.

Casi todas las compañías o empresas tienen sistemas semejantes para manejos de estos costos, pero varían en detalles, por lo que no se describirán aquí. En todos los casos, sin embargo, los costos generales se deben distribuir entre los trabajos de soldadura de una u otra manera.

### **3.3.7. COSTO TOTAL DE SOLDADURA**

El costo exclusivo de soldadura se lo determina con la siguiente ecuación:

$$CTS = CE + CF + CMO + CTEE \text{ [USD/m]} \quad (3.13)$$

Donde:

CTS: Costo total de soldadura

CE: Costo del electrodo por metro

CF: Costo del fundente por metro

CTEE: Costo total de energía eléctrica por metro

## CAPÍTULO IV

### ENSAYOS DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

Una vez definidos los fundamentos, procedimientos y los factores concernientes a costos que están presentes en el Proceso de Soldadura por Arco Sumergido, se procedió a realizar pruebas de campo para la obtención de datos que permitan evaluar cuantitativamente los objetivos planteados para el presente proyecto de titulación.

En este capítulo se muestra en detalle la descripción del equipo utilizado, las primeras pruebas de manipulación del equipo, afinación de parámetros de soldadura, así como también las pruebas realizadas para la calificación del procedimiento de soldadura por arco sumergido; y, la calificación del operador de soldadura. Además se presenta el proceso de fabricación de 22 vigas-columnas que se utilizaron en la fabricación del nuevo galpón para la industria petrolera en la Región Amazónica.

Estos ensayos y la fabricación de las vigas-columna mencionadas permiten cuantificar los costos en el proceso de Soldadura por Arco Sumergido.

#### 4.1. ASPECTOS GENERALES

La unidad de columna y brazo de soldadura CaB 300 S pertenecen a la gama estándar de equipos ESAB. Ha sido diseñado para transportar el equipo de soldadura automática.

La columna y brazo se soportan sobre un vagón montado sobre rieles. La columna es capaz de girar  $\pm 360^\circ$ .

##### 4.1.1. DATOS TÉCNICOS

Alimentación de red: 50 [Hz], 16 [A], 230 [V]

50 [Hz], 10 [A], 400 [V]

Suministro de aire comprimido: 6 [bar]



Presión acústica continua ponderada en A: 52 [dB]

#### 4.1.2. FUNCIONES DE PROPULSIÓN

Tabla 4.1 Funciones de Propulsión

PARTE	UNIDAD PROPULSORA	VELOCIDAD	TRANSMISIÓN	RELACIÓN DE TRANSMISIÓN FINAL
Vagón	Motor de CC 312:1	Soldadura 15-200 [cm/min] Desplazamiento 2 [m/min]	Cadena	1006:1
Brazo Horizontalmente	Motor de CC 312:1	Soldadura 15-200 [cm/min] Desplazamiento 2 [m/min]	Cremallera	312:1
Brazo Verticalmente	Motor trifásico con engranaje helicoidal	Desplazamiento mín. 0.7 [m/min]	Cadena	453:1
Rotación de Columna	Manual			

#### 4.2. SEGURIDAD EN EL EQUIPO DE SOLDADURA SAW, CaB 300s

El operador de soldadura del equipo de soldadura ESAB es el máximo responsable de las medidas de seguridad para el personal que trabaja con el sistema ó en sus proximidades.

Las medidas de seguridad deberán cumplir las normas y requisitos que se imponen a equipos de esta índole, considerando los peligros y el nivel de riesgo que puede existir al trabajar en una estación de soldadura.

El contenido de estas recomendaciones puede considerarse como un complemento de las reglas normales vigentes en el lugar de trabajo.

1. Toda la maniobra debe realizarse siguiendo las instrucciones dadas, y por personal bien familiarizado y autorizado para el funcionamiento del equipo.

Una maniobra errónea, causada por una manipulación incorrecta, ó el desencadenamiento erróneo de una secuencia de operaciones, puede crear una situación anormal que cause daños al operador y al equipo.

2. Todo el personal que trabaje con el equipo deberá estar familiarizado con:

- Su manejo
- El lugar donde se encuentra el pulsador de parada de emergencia
- Sus funciones
- Las reglas de seguridad vigentes

Para facilitar lo antedicho, cada conector eléctrico, pulsador ó potenciómetro va provisto de un letrero que indica el tipo de movimiento ó conexión que se activan al maniobrar.

3. El operador deberá comprobar:

- Que ninguna persona no autorizada se encuentre dentro del área de trabajo del equipo antes de su puesta en marcha.
- Que nadie este colocado erróneamente al mover el vagón ó las correderas. Esto rige especialmente en el lado trasero del vagón, observando desde el panel de maniobra en el lado del cabezal de soldadura.

4. En el lugar de trabajo:

- No deberán haber piezas de máquinas, herramientas u otro material almacenado que impida los movimientos del operador dentro de la zona de trabajo.
- Deberá estar dispuesto de tal modo que el requisito de accesibilidad al dispositivo de parada de emergencia este satisfecho convenientemente.

5. Equipo de protección personal

- Emplear siempre el equipo de protección personal prescrito, tal como anteojos de protección, prendas de trabajo antillama y guantes.
- No usar prendas u objetos que cuelguen sueltos, tal como cinturones, brazaletes, etc., puesto que pueden quedar atrapados.

6. En zonas especialmente marcadas deberán haber disponibles los extintores precisos

- Las superficies de suelo y piezas de máquinas deberán mantenerse exentas de materiales inflamables, como residuos de aceite, ropas, contaminantes, etc.
- Recordar que las salpicaduras de metal pueden causar quemaduras a la piel e incendios.

7. Las piezas con tensión eléctrica normalmente deben estar protegidas contra el contacto

- No está permitido abrir las cajas de maniobra ó conexiones cuando el equipo este en servicio ó conectado a la tensión eléctrica.
- Solo deberán poderse abrir con llave ó una herramienta.
- Controlar que las conexiones a tierra indicadas se encuentren conectadas satisfactoriamente.
- Los trabajos en unidades eléctricas solo está permitido que los realice personal autorizado.

8. Mantenimiento

- No está permitido lubricar y dar mantenimiento a la grúa de soldadura mientras esta en servicio.
- Los trabajos en componentes neumáticos e hidráulicos solo está permitido realizarlos cuando no haya presión en el sistema.

9. Todos los pulsadores de parada de emergencia y dispositivos de seguridad deberán probarse diariamente, y después de cada vez que se haya realizado algún trabajo en la máquina, tal como mantenimiento, reparación ó similar.

En cada caso de funcionamiento anormal ó señal de anomalía, ello deberá corregirse antes de volver a utilizar normalmente el equipo.

### **4.3. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

El proceso de arco sumergido es, principalmente llevado a cabo con un equipo totalmente mecanizado automático. Por su alto poder de aportación de metal de aporte, es particularmente conveniente para las soldaduras rectas de gran longitud con excelente calidad en uniones a tope en posición plana y uniones de filete en posición plana y horizontal.

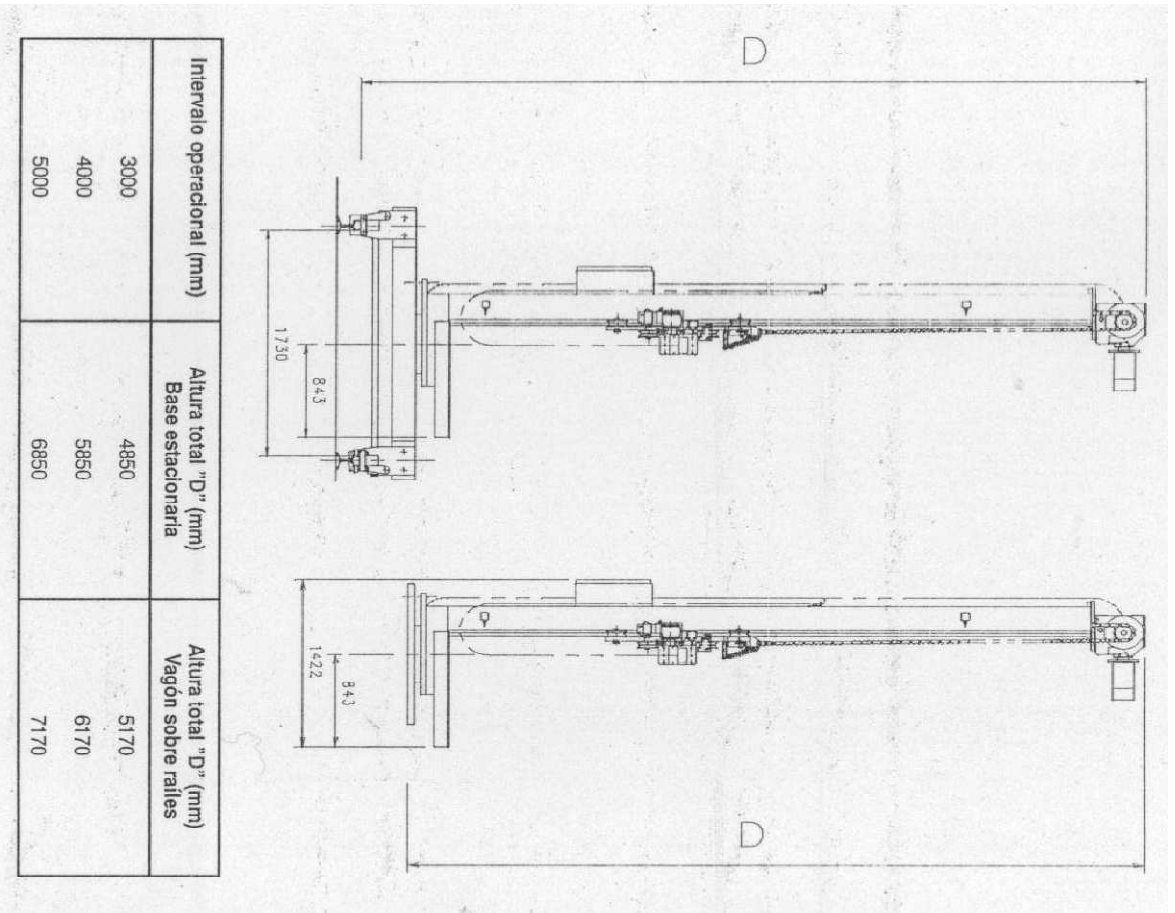
Es muy posible también llevar a cabo soldaduras por arco sumergido, para recubrimientos en la posición plana. Aunque gracias a la ayuda de accesorios como posicionadores y viradores es viable técnicamente también realizar soldaduras en uniones traslapadas y a tope en posición horizontal.

#### **4.3.1. GRÚA DE SOLDADURA CaB 300 S MARCA ESAB**

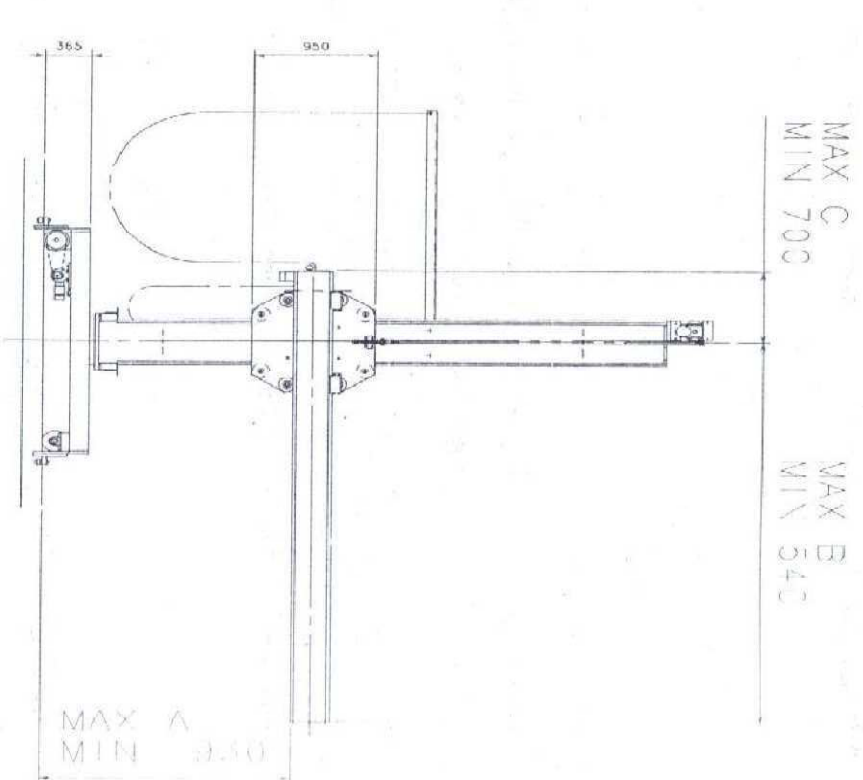
La columna-brazo CaB es indicado para posicionamiento de los cabezales A6S y A2S u otros modelos de cabezales para soldaduras de grandes piezas. Consiste de una columna para elevación donde se fija en una extremidad el cabezal. Permite un deslizamiento de un brazo vertical y horizontal motorizado.

Todos los ajustes pueden ser hechos a partir de un control remoto que acompaña el equipamiento.

En la siguiente figura se muestra el conjunto de módulos principales que conforman la columna-brazo de soldadura CaB 300 S.



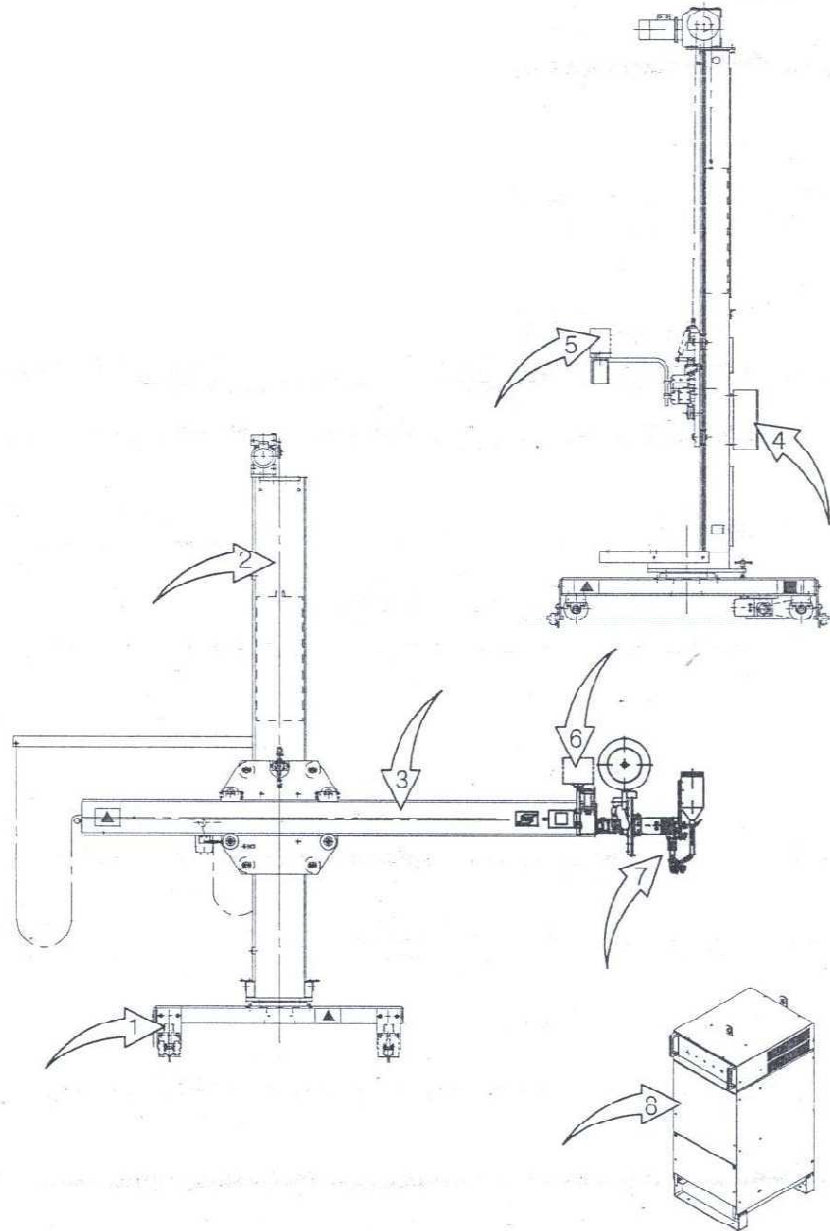
Intervalo operacional (mm)	Altura total "D" (mm) Base estacionaria	Altura total "D" (mm) Vagón sobre raiiles
3000	4850	5170
4000	5850	6170
5000	6850	7170



	CAB 300 S (3x3)	CAB 300 S (4x4)	CAB 300 S (5x5)
A	4070	5070	6070
B	3580	4580	5580
C	3740	4740	5740

Figura 4. 1 Acotación de Grúa de Soldadura: (a) Vista Lateral y (b) Vista Frontal

#### 4.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES PRINCIPALES DEL MANIPULADOR PARA SOLDAURA SAW CaB 300 S



**Figura 4. 2** Partes Principales

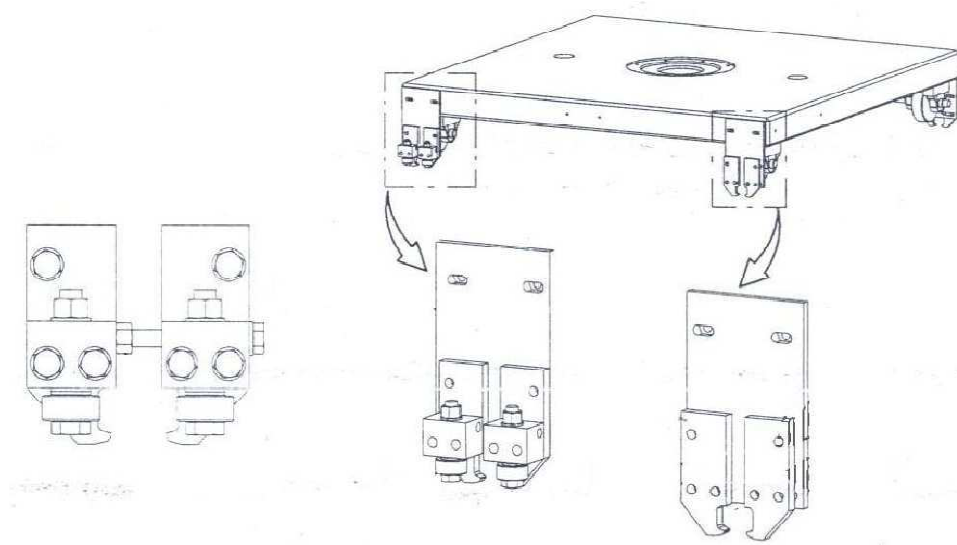
1. Vagón sobre rieles,
2. Columna,
3. Brazo ó Pluma,
4. Armario de control,

5. Unidad de control remoto; R C C,
6. Unidad de control; P E H,
7. Equipo de soldadura automática; y,
8. Fuente de alimentación de soldadura

#### 4.3.3. VAGÓN SOBRE RIELES (BASE)

El vagón sobre rieles está equipado con cuatro ruedas de brida única y tracción de dos ruedas. La velocidad de soldadura es modulable en un intervalo de 10-200 [cm/min]. El requerimiento de tipo de rieles es de acuerdo al manual del equipo de soldadura, puesto que tanto las ruedas como los dispositivos antivuelco están adaptados a este tipo de riel.

El dispositivo antivuelco fija el riel, impidiendo así que se vuelque la columna y el brazo de soldadura.



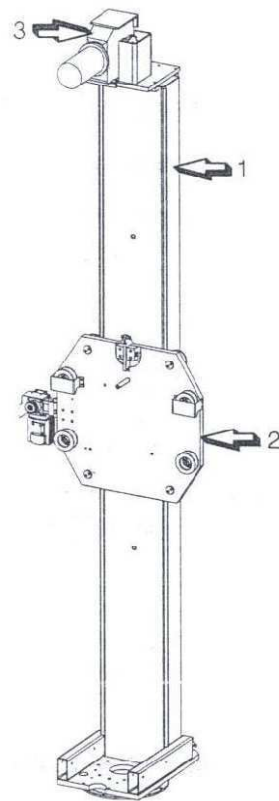
**Figura 4. 3** Vagón con Dispositivos Antivuelco

#### 4.3.4. COLUMNA

La columna (1) se une a la base mediante un cojinete pivotante que permite girarla a cualquier posición deseada. La columna es girada y fijada manualmente. Hay una aspa propulsora (2) unida a la columna que puede colocarse a la altura deseada. El aspa se sitúa mediante cuadro de rodillos que se deslizan sobre

barras guía laterales a la columna. El aspa sube y baja mediante un mecanismo de elevación (3) montado en la parte superior de la columna.

La unidad de propulsión consta de un motor trifásico con un freno integrado y engranaje helicoidal de reducción. El empleo de un engranaje helicoidal garantiza la seguridad del mecanismo en caso de interrupción del suministro eléctrico. El aspa cuenta con dos cadenas de soporte, que van conectadas en el otro extremo a un contrapeso en el interior de la columna. Una protección anti caída inmoviliza el aspa en caso de que fallen las cadenas.



**Figura 4. 4** Columna

#### 4.3.5. BRAZO

El brazo (1) se sustenta con el aspa propulsora (2) y se posiciona verticalmente mediante la unidad del mecanismo elevador (3) del extremo superior de la columna.

El brazo también puede situarse horizontalmente mediante un motor de propulsión y una cremallera. La velocidad de soldadura es modulable en un



intervalo de 10-200 [cm/min], mientras que la velocidad de transporte es de 2 [m/min].

El brazo puede dotarse de equipos de soldadura para diferentes procesos de soldadura.

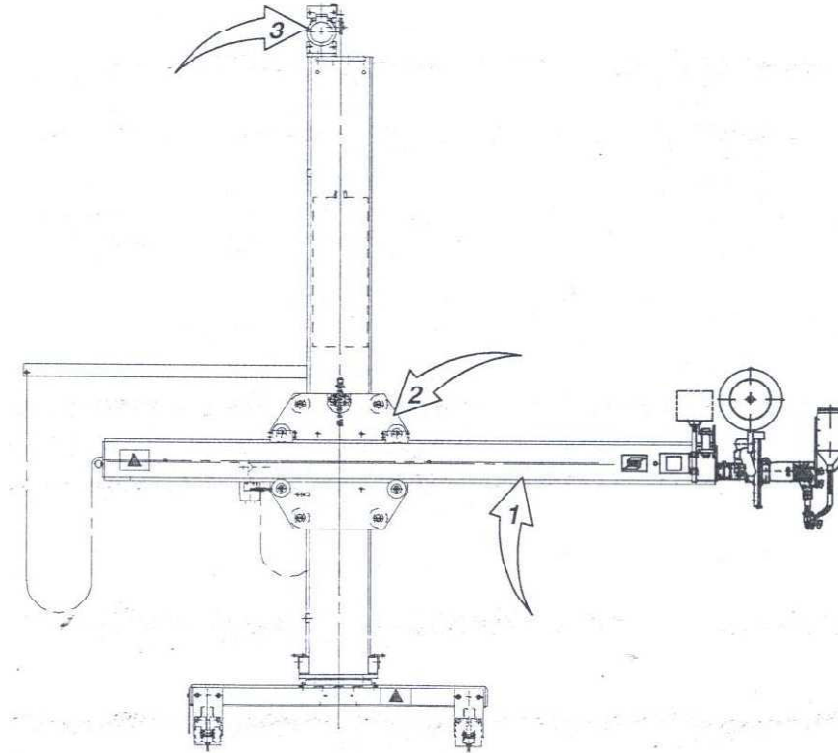


Figura 4.5 Brazo

### 4.3.6. EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

La versión básica de la unidad de columna-brazo CaB 300 S se suministra con el siguiente equipamiento eléctrico.

#### 4.3.6.1. Armario Eléctrico

Usado para las conexiones de alimentación y funciones eléctricas. Va montado en la parte inferior de la columna-brazo.

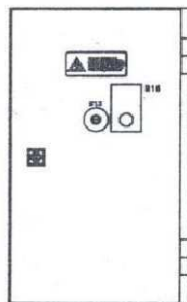


Figura 4. 6 Armario Eléctrico

#### 4.3.6.2. Unidad de Control Remoto, RCC

Se encarga de manejar el ciclo de soldadura y el desplazamiento de la columna-brazo.

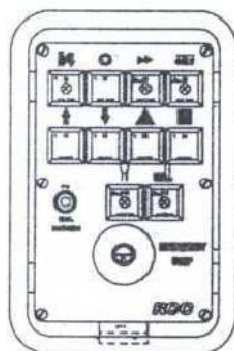


Figura 4. 7 Unidad de Control Remoto, RCC

#### 4.3.6.3. Unidad de Control, PEH

Forma parte del equipo de soldadura automática y se emplea para controlar el ciclo de soldadura y el desplazamiento de la columna-brazo.

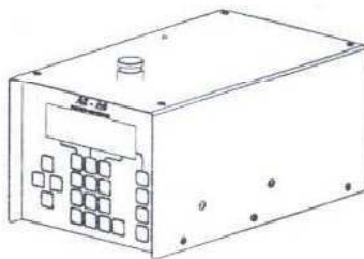


Figura 4. 8 Unidad de Control, PEH

### 4.3.7. FUENTE ESAB LAF 150 M

#### 4.3.7.1. Generalidades

La fuente de poder especialmente diseñada para este proceso, se emplea tanto con corriente continua como con corriente alterna. Para cualquiera de los casos, la fuente de poder debería tener un ciclo de trabajo de 100%, porque las operaciones por arco sumergido son continuas y el tiempo normal de operación excede de 10 minutos, período base para cumplir el ciclo de servicio. Para la soldadura por arco sumergido con corriente continua puede emplearse una fuente de poder de tipo de voltaje constante ó corriente constante. En cualquiera de los casos, el alimentador de alambre debe estar adecuado para el tipo de la fuente de poder que se emplea. Las máquinas de soldar para soldadura por arco sumergido van desde 200 a 1200 [A].

**LAF 1250 M** es una fuente de corriente trifásica para soldar, de control remoto, destinada a la soldadura mecánica de arco metálico en atmosfera gaseosa (MIG/MAG) ó soldadura por arco sumergido en atmosfera inerte (UP), de alta productividad. Esta deberá utilizarse siempre con la caja de maniobra de ESAB, A2-A6 Process Controller (PEH).

La fuente de corriente para soldar LAF es refrigerada por ventilador y controlada por un termostato contra sobrecargas. Cuando el termostato corta, se enciende automáticamente la lámpara amarilla del panel frontal. La reposición se hace automáticamente cuando la temperatura ha bajado a un nivel aceptable.

El reglaje de la fuente de corriente para soldar puede hacerse desde el panel frontal de la caja de maniobra, donde el usuario puede regular todos los parámetros de soldadura. La forma de trabajo de la fuente de corriente para soldar es dirigida y controlada completamente por la caja de maniobra, con cuya ayuda también pueden regularse las características de arranque y paro. Los parámetros pre ajustados de corriente pueden ser controlados durante la soldadura.



Figura 4. 9 Fuente LAF 1250 M

#### 4.3.7.2. Características Técnicas de Fuente para Soldadura por arco sumergido

Tabla 4. 2 Características Técnicas de Fuente de Soldadura por Arco Sumergido

LAF 1250 M	
<b>Tensión</b>	220/230/400/415/500 [V], ~50 [Hz] 230/400/440/550 [V], ~60 [Hz]
<b>Carga admisible a:</b> 100 % intermitencia	1250 [A]/44 [V]
<b>Zona de regulación</b>	
MIG/MAG	60 A/17 [V] - 1250 [A]/44[V]
UP	40 A/22 [V] – 1250 A/44[V]
<b>Tensión en vacío (OCV)</b>	51 [V]
<b>Potencia reactiva</b>	220 [W]
<b>Rendimiento</b>	.87
<b>Factor de potencia</b>	0.92
<b>Peso</b>	490 [Kg]
<b>Dimensiones L x An. x Al.</b>	774x598x1430
<b>Forma de protección</b>	IP 23
<b>Clase de aplicación</b>	S

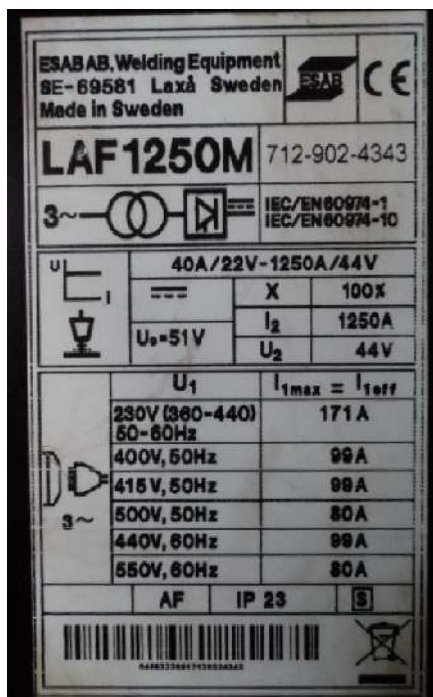


Figura 4. 10 Datos de Placa de la Fuente LAF 1250 M

#### 4.3.7.3. Grado de Estanqueidad

El código IP indica el grado de estanqueidad, es decir el nivel de protección contra la penetración de objetos sólidos y agua. Los aparatos marcados IP 23 están destinados para uso en interiores y al aire libre.

#### 4.3.7.4. Clase de Aplicación

“S” Significa que la unidad de alimentación ha sido diseñada para su uso en locales con un elevado riesgo eléctrico.

#### 4.3.7.5. Conexión a la Red

Tabla 4. 3 Características de Conexión a la Red

LAF 1250 M	60 [Hz]		
Tensión [V]	230	400/440	550
Corriente [A]:			
100 %	171	99	80
Sección de conductor [mm <sup>2</sup> ]	3 x 70 + 35	3 x 35 + 25	3 x 25 + 16
Fusible, lento [A]	160	100	80

#### 4.3.7.6. Funcionamiento

En el panel frontal hay: (Figura 4.11 Panel de Fuente LAF 1250 M)

A. Conmutador principal que interrumpe la tensión de la red al equipo de suministro eléctrico.

B. Lámpara de indicación (blanca), que se enciende al pulsar el interruptor principal.

C. Lámpara de indicación (amarilla), que se enciende cuando el transductor térmico interrumpe a causa de sobre temperatura en el transformador. Esta lámpara se apaga cuando la temperatura ha descendido a un nivel aceptable.

D. Pulsador de reposición del fusible automático FU2 para una tensión de suministro de 42 [V].

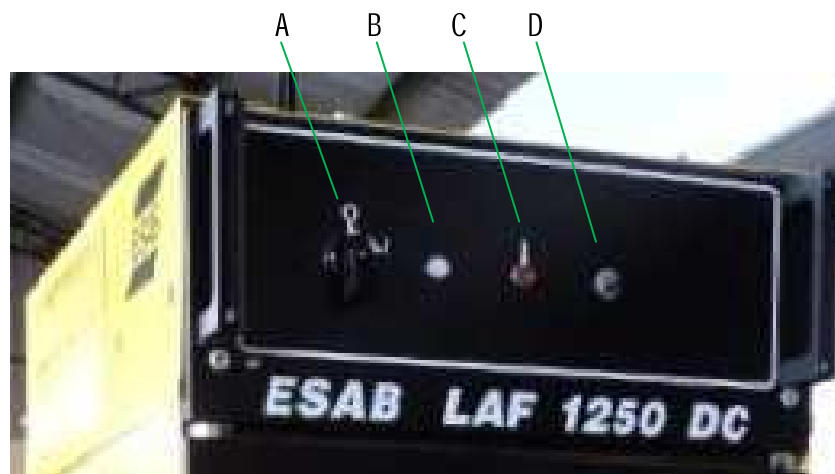


Figura 4. 11 Panel de Fuente LAF 1250 M

#### 4.3.8. A2-A6 CONTROLADOR DE PROCESOS

##### 4.3.8.1. Generalidades

La unidad A2-A6 Process Controller (PEH) de ESAB es una caja de maniobras que junto con las unidades automáticas A2-A6 puede ser utilizada para la soldadura por arco sumergido en atmósfera inerte (UP) ó soldadura mecánica de arco metálico en atmósfera gaseosa (MIG/MAG).

La caja de maniobra ha sido diseñada para trabajar con las fuentes de corriente ESAB. Merced a la gran integración del sistema de control con la fuente de soldadura, se puede garantizar una fiabilidad del proceso. Todos los mandos necesarios para gobernar todos los movimientos del proceso de soldadura se encuentran en el panel de mandos.



Figura 4. 12 A2-A6 Controlador de Procesos

#### 4.3.8.2. Datos Técnicos

Tabla 4. 4 Datos Técnicos

<b>A2-A6 Controlador de Procesos (PEH)</b>	
<b>Tensión de conexión de la fuente de corriente:</b>	45 [V] C.A. 50/60 [Hz]
<b>Potencia de conexión:</b>	Máxima 900 [VA]
<b>Conexiones preparadas para motores ESAB A2 o A6:</b>	Corriente del motor 5 [A] continua, máxima 10 [A]
<b>Regulación de revoluciones:</b>	Regulación EMK interna ó con tacómetro C.A. 6 pulsos por rev.
<b>Velocidad de soldadura:</b>	0.1 – 2 [m/min] (según el carro)
<b>Velocidad máxima de deslizamiento:</b>	2 [m/min]
<b>Velocidad de alimentación del hilo suplementario:</b>	0.3 – 25 [m/min] (según mecanismo de alimentación)
<b>Temperatura ambiente:</b>	Máxima 45 [°C]. Mínima -15 [°C]
<b>Humedad relativa:</b>	Máxima 98 %
<b>Peso:</b>	5.5 [Kg]
<b>Dimensiones LxBxH:</b>	355 x 210 x 164 [mm]
<b>Clase de encapsulado:</b>	IP 23

#### **4.3.8.3. Panel de Mandos**

A continuación se muestran los mandos que se encuentran en el panel del Controlador de Procesos.

1. Parada de emergencia
2. Deslizamiento en la dirección que el triángulo indica
3. Deslizamiento en la dirección que el cuadrado indica
4. Alimentación de hilo
5. Retroalimentación del hilo
6. Cambio de menú
7. Teclas numéricas, introducción de valores
8. Tecla ENTER, Cambiar de línea
9. Tecla SHIFT
10. Parada de soldadura
11. arranque de soldadura
12. Movimiento rápido, alimentación de hilo ó deslizamiento
13. Cambiar página (en la soldadura definida)

Las flechas se utilizan para aumentar/disminuir la corriente, la tensión y la velocidad al soldar.



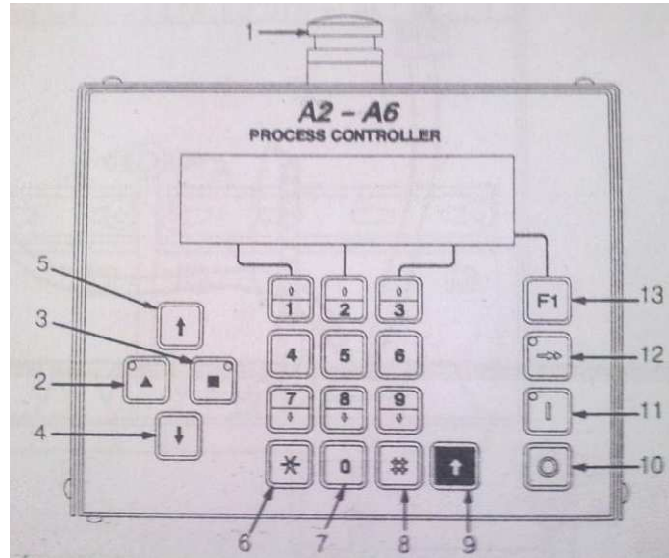


Figura 4.13 Panel de Mandos del A2-A6 Controlador de Procesos

#### 4.3.8.4. Funcionamiento

En el menú principal se regula la corriente de soldadura, la tensión del arco y la velocidad de soldadura que se quiere utilizar al soldar. Durante la soldadura se pueden ajustar los parámetros de soldadura ó elegir nuevos juegos completos de parámetros.

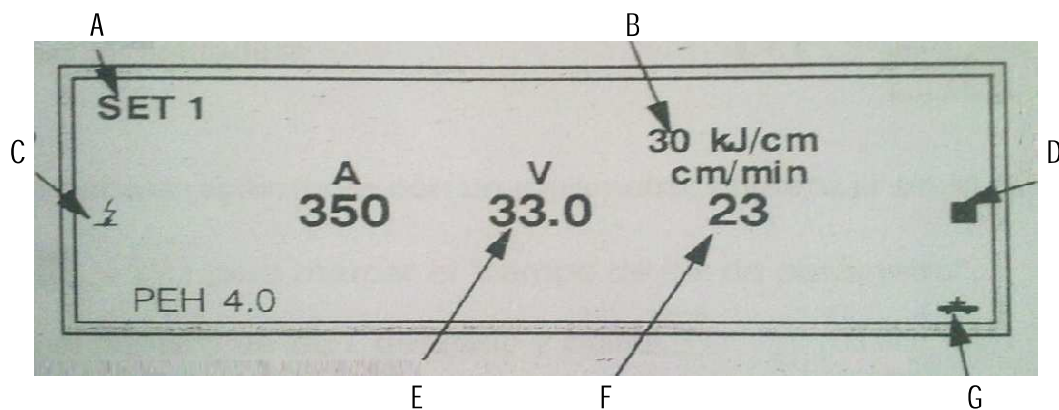


Figura 4.14 Menú Principal del A2-A6 Controlador de Procesos

A. Indica el juego de parámetro 1 de 10 es el elegido (se lo puede ocultar).

B. Indica la energía de distancia (Heat Input) que se obtiene en [KJ/cm] con los valores seleccionados para la corriente de soldadura, el arco y la velocidad (se lo puede ocultar).

C. Indica el tipo de arranque.

E. Tensión de arco seleccionada en voltios.

F. Velocidad de soldadura seleccionada en [cm/min].

G. Indica si la salida de la válvula está conectada ó desconectada; el cual es válido solo para proceso de soldadura mecánica de arco metálico en atmosfera gaseosa (MIG/MAG), abriendo ó cerrando el flujo de gas.

#### 4.3.9. CABEZAL DE SOLDADURA PARA ARCO SUMERGIDO

Está previsto para utilizarse junto con el A2-A6 Controlador de Proceso y las fuentes LAF ó TAF de marca ESAB.

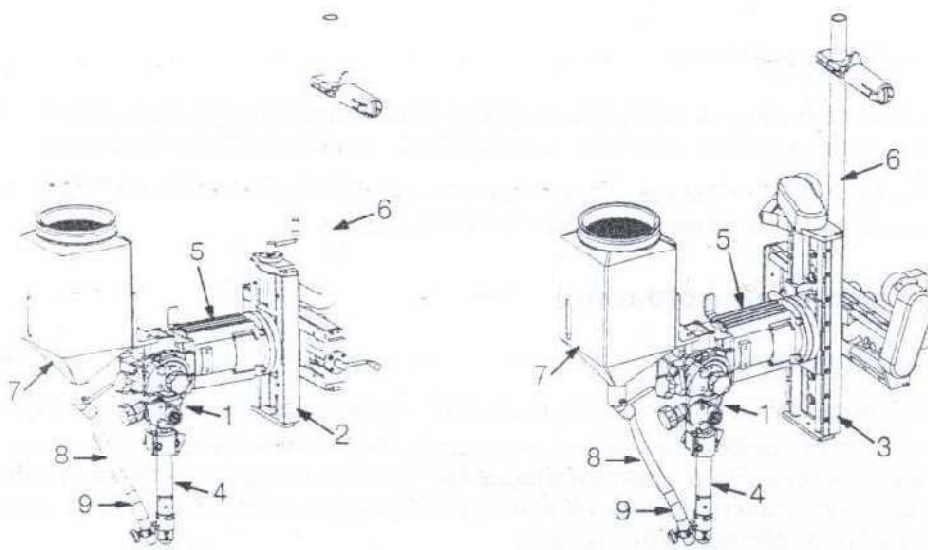
##### 4.3.9.1. Características Técnicas para A6/A6 SF Twin

Tabla 4. 5 Características Técnicas

<b>A6/A6 SF Twin</b>	
<b>Carga admisible 100%</b>	1500 [A]
<b>Dimensiones del alambre:</b>	
Alambre simple sólido	3 – 6 [mm]
Alambre con alma de fundente	3 – 4 [mm]
Alambre doble	2 x 2 – 3 [mm]
<b>Velocidad de avance del alambre</b>	0.2 – 4 [m/min]
<b>Par de torsión del tambor de freno</b>	1.5 [Nm]
<b>Peso del alambre, máx.</b>	2 x 30 [kg]
<b>Volumen del contenedor de fundente</b> (No se permite llenarlo por completo)	10 [l]
<b>Peso (excluyendo alambre y fundente):</b>	
Con corredera lineales accionadas a mano	~ 58 [kg]
Con corredera lineales accionadas a motor	~ 58 [kg]
<b>Inclinación lateral, máx.</b>	25 °
<b>Longitud de ajuste de corredera</b>	
Accionada a mano	210 [mm]
Accionada a motor	300 [mm]

##### 4.3.9.2. Componentes Principales

En la siguiente figura se muestra los componentes principales del cabezal de soldadura A6.



**Figura 4. 15** Componentes Principales del Cabezal de Soldadura Manual/Motorizado

1. Mecanismo de avance del alambre
2. Kit de corredera, manual
3. Kit de corredera motorizado
4. Tubo de contacto
5. Motor con engranaje
6. Soporte del tambor de alambre
7. Contenedor de fundente
8. Tubo para el fundente
9. Tobera de polvo

#### 4.3.9.2.1. *Mecanismo de Avance del Alambre*

Esta unidad se usa para guiar y alimentar el alambre de soldadura al tubo/conector de contacto.

#### 4.3.9.2.2. *Correderas Manuales y motorizadas*

La posición vertical y horizontal del cabezal de soldadura se ajusta mediante correderas lineales. El momento angular puede ajustarse libremente usando la corredera rotativa. Para la corredera motorizada ver la sección 4.3.10.

#### *4.3.9.2.3. Tubo/Conector de Contacto*

Transfiere la corriente de soldadura al alambre durante la soldadura.

#### *4.3.9.2.4. Motor con engranaje*

Este motor es utilizado para alimentar el alambre de soldadura.

#### *4.3.9.2.5. Soporte de Tambor del Alambre*

El soporte del tambor de alambre va previsto de un cubo de freno en el que va montado el tambor de alambre.

#### *4.3.9.2.6. Contenedor de Fundente/Tubo para el Fundente/Tobera de Polvo*

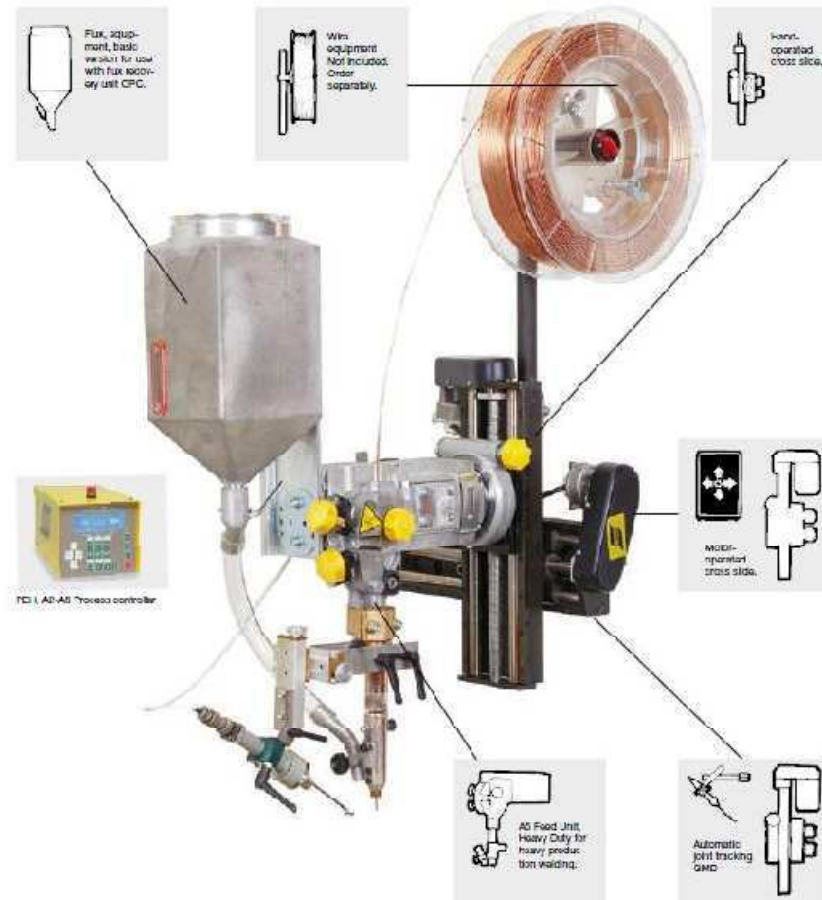
El fundente se llena en el contenedor, transfiriéndose luego a la pieza de trabajo a través del tubo de fundente y de la tobera de polvo. La cantidad de fundente a alimentar se controla mediante la válvula de fundente montada en el contenedor.

### **4.3.10. MOTOR A6 VEC, CORREDERA A6, Y SEGUIDOR A6 GMD; CABEZAL**

#### **MOTORIZADO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

En la siguiente figura se muestra el cabezal de soldadura motorizado con sus respectivos elementos.

A la vez este cabezal es muy fácilmente intercambiable al proceso de soldadura por arco sumergido con alimentación de alambre gemelo con tan solo cambiar el mecanismo alimentador de alambre, con lo cual se ganaría mayor aportación de metal de soldadura a la unión de soldadura.



**Figura 4. 16** Cabecsal de Soldadura Motorizado A6

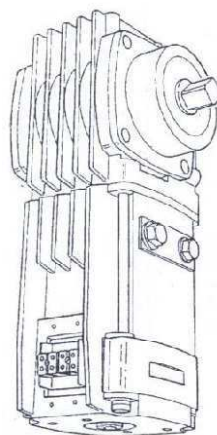
El cabezal de soldadura motorizado depende de tres elementos para su funcionamiento en esta sección se describirá cada uno de ellos

#### 4.3.10.1. Motor A6 VEC

##### 4.3.10.1.1. Generalidades

A6 VEC es uno de los componentes principales del sistema A6. Distintas variantes de revoluciones del motor y desmultiplicaciones, hacen posible regular la escala de [rpm].

El motor A6 VEC con engranaje es un motor de corriente continua con magnetización separada y un engranaje combinado de dientes y tornillo sin fin. La conexión de tensión de tensión es conmutable entre 42 ó 75 [V] en corriente continua.



**Figura 4. 17** Motor A6 VEC

*4.3.10.1.2. Especificaciones Técnicas*

**Tabla 4. 6** Especificación de Motor A6 VEC

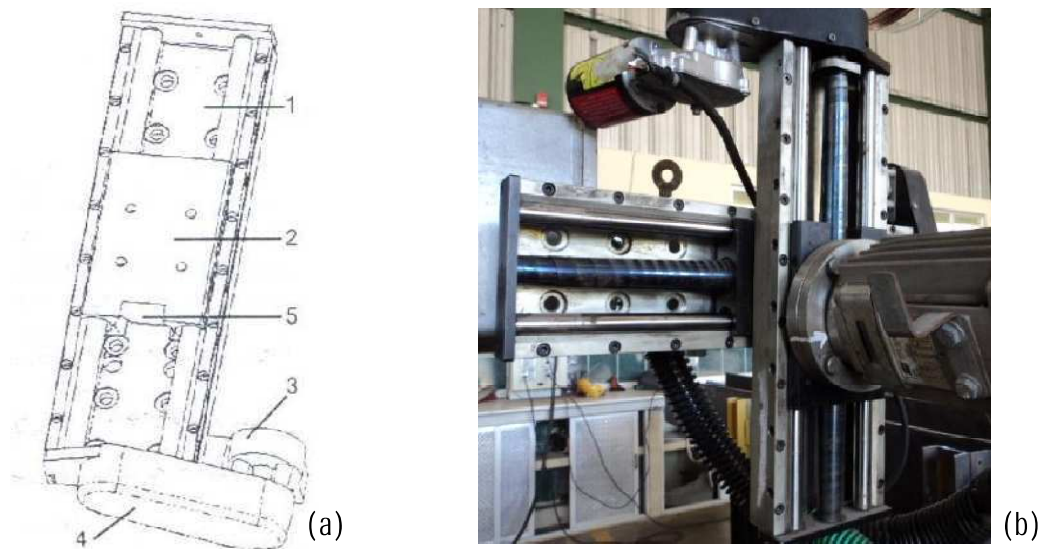
A6 VEC	
<b>Campo de trabajo</b>	
Tensión	8.5 – 75 [V] CC ó 8.5 – 42 [V] CC
Rpm a 75 [V]	Desde aprox. 500 [rpm] a nominal
Rpm a 42 [V]	Desde aprox. 250 [rpm] a nominal
<b>Clase de temperatura</b>	120 [°C]
<b>Clase de protección</b>	
Motor	IP 21 estándar ó IP 52 encapsulado total
Engranaje	IP 52
<b>Carga moñón de salida</b>	
Estándar	Cojinete de bolas SKF 6305. Carga dinámica 1760 [kg]
Modelo especial	Cojinete de rodillo SKF 21305. Carga dinámica 3350 [kg]
<b>Toma del aire comprimido para desacople del engranaje</b>	
Aire comprimido	0.2 – 1 [MPa] (2 – 10 [bar])
Diámetro de manguera	6.4 [mm]
<b>Peso del engranaje sin desacople</b>	9 [kg]

<b>Peso del engranaje con desacople</b>	11 [kg]
<b>Presión de sonido A ponderada</b>	69 [dB]

#### 4.3.10.2. Corredera A6

##### 4.3.10.2.1. Generalidades

La corredera A6 está destinada a llevar y desplazar el cabezal de soldadura. La corredera puede ser montada perpendicularmente respecto a la costura, ya sola ó ya en una cruz corrediza para ajuste o seguimiento de costuras. También puede ser montada a lo largo de la costura para conseguir un movimiento de soldadura aunque limitado por la longitud de la corredera.



**Figura 4. 18** Corredera A6; (a) Partes, (b) Corredera

1. Perfil corredizo que es un perfil en “U” rígido.
2. Rodete que lleva cojinetes con casquillo de bolas abiertos que corren sobre los ejes, que son apoyados por el perfil corredizo en toda su longitud.
3. Motor de corriente continúa con engranaje helicoidal.
4. Transmisión por correa dentada con embrague de fricción incorporada.
5. Tornillo de bola con tuerca

#### 4.3.10.2. Especificaciones Técnicas

**Tabla 4. 7** Especificaciones de la Corredera A6

A6 Corredera	
Tensión máx. de oración	42 [V] C C
Velocidad máx. con 42 [V] C C	70 [cm/min] (175 [cm/min] con ruedas dentadas)
Presión sonora continua, ponderación A	42 [dB]
Holgura del rodete en el sentido longitudinal de la corredera	0.1 [mm]
Otras holguras	0
Temperatura máx. del ambiente	80 [°C]

#### 4.3.10.3. Seguidor A6 GMD

##### 4.3.10.3.1. Generalidades

A6 GMD es un dispositivo para el posicionamiento y seguimiento de costura. Se utiliza con equipos de soldadura automática y es aplicable en todo tipo de costuras con canto de guía para el palpador del sensor. El dispositivo está adaptado para el servo-carro ESAB estándares y puede controlar uno o dos servomotores simultáneamente.



**Figura 4. 19** Sensor



## 4.3.10.3.2. Especificaciones Técnicas

Tabla 4. 8 Especificaciones del Dispositivo de Seguimiento de Costura

Dispositivo de seguimiento de costura	
Tensión de conexión y trabajo	42 [V] AC 50 – 60 [Hz]
Potencia	460 [VA]
Tipo de regulador de motor	Control conmutado de cuatro cuadros
Tensión del inducido, palanca de mando	40 [V] DC 48 [V] DC
Tensión del inductor	IP 23
Clase de protección	+ 45 [°C]
Temperatura ambiente máx.	
<b>Pesos</b>	2.2 [kg]
Sensor y carro en cruz con soporte	4.5 [kg]
Unidad de seguimiento de costuras	0.6 [kg]
Palpador	2.0 [kg]
Mando a distancia	4 [m m]
Zona de trabajo del sensor, radial 360°	

## 4.3.10.3.3. Componentes Principales

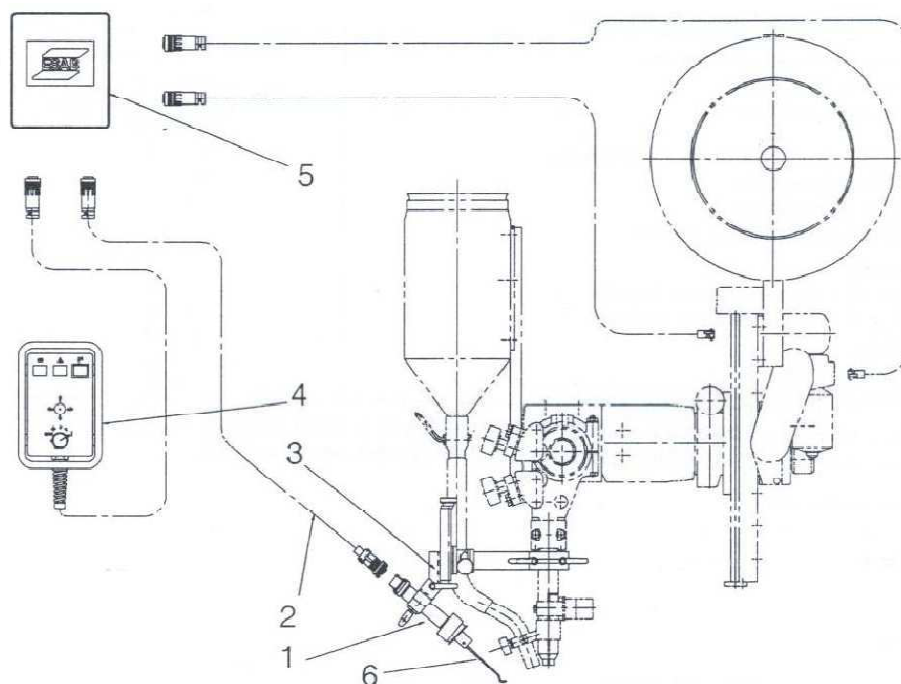
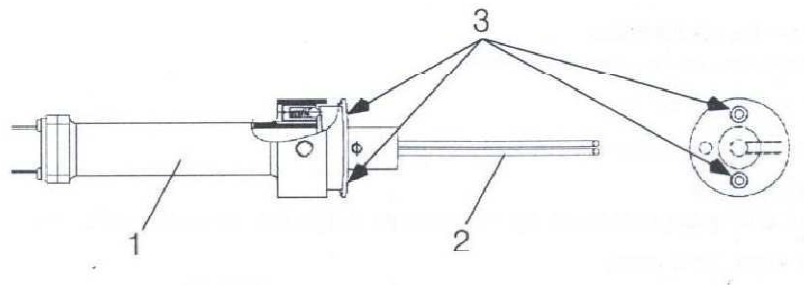


Figura 4. 20 Componentes Principales

1. Sensor
2. Cable de mando (2 [m])
3. Carro en cruz para el sensor
4. Caja de control
5. Unidad de seguimiento de costura
6. Palpador guía

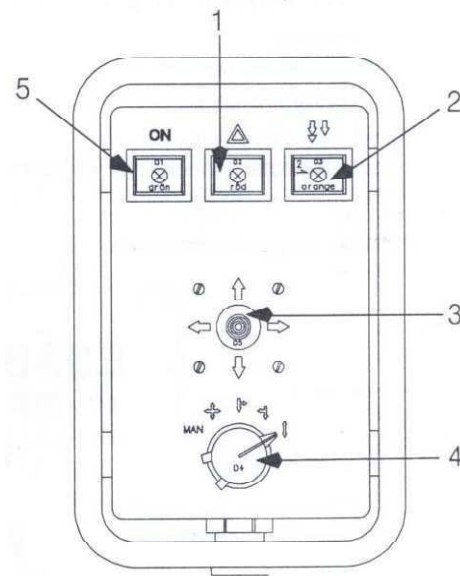
#### 4.3.10.3.4. Sensor



**Figura 4. 21** Partes de Sensor

1. Sensor con conexión para el cable de la unidad de seguimiento y fijación frontal para distintos palpadores.
2. Palpadores
3. Tornillo de tope (dos unidades) para el ajuste del movimiento horizontal de los palpadores con distintos tipos de costura.

#### 4.3.10.3.5. Caja de Control



**Figura 4. 22** Partes de Caja de Control

1. Lámpara indicadora roja; Lámpara para el seguimiento automático de las costuras. Se enciende cuando el palpador está fuera de la zona de trabajo (verticalmente). Entonces la función automática está bloqueada.

2. Pulsador con lámpara naranja; para seleccionar la operación rápida en la operación manual.

3. Palanca de mando; para la maniobra manual de los servo-carros: arriba/abajo e izquierda/derecha.

4. Conmutador de 5 posiciones; para la selección de alternativas de seguimiento y búsqueda de costuras.

- Preajuste manual

- Seguimiento de costura vertical y horizontal

- Seguimiento de costura vertical y horizontal con búsqueda a la derecha

- Seguimiento de costura vertical y horizontal con búsqueda a la izquierda

- Seguimiento de costura vertical

5. Lámpara indicadora verde; indica que está conectada la tensión.

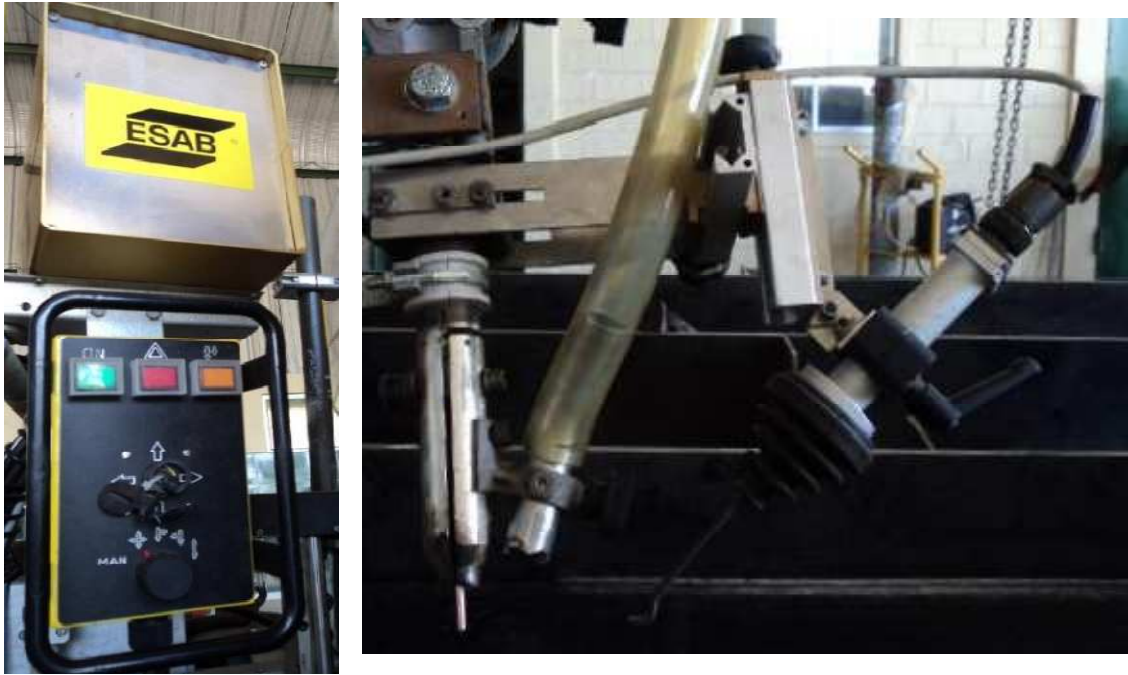


Figura 4. 23 Sistema de Seguimiento de Costuras A6 GMD

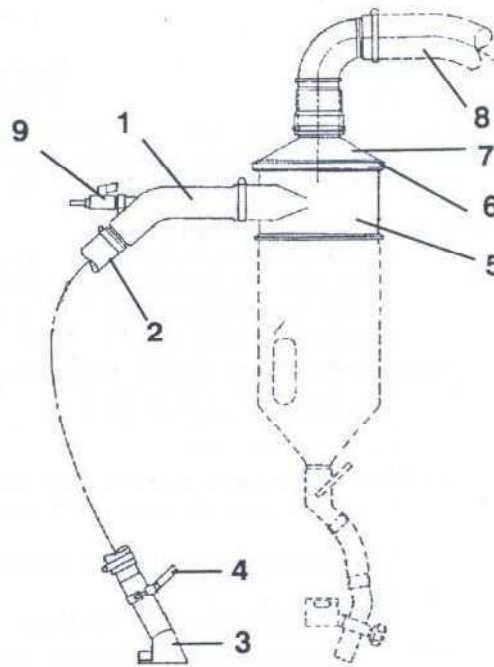
#### 4.3.11. UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE FUNDENTE OPC

##### 4.3.11.1. Descripción

El recuperador de fundente es un sistema que viaja sobre las máquinas de soldadura automática esta pequeña unidad tiene como objetivos recuperar y retornar el fundente, proveniente de la soldadura hacia el contenedor para nuevamente ser utilizado en el proceso.

##### 4.3.11.2. Partes de la Unidad Recuperadora de Fundente

En la siguiente figura se describen las partes que conforman la unidad recuperadora de fundente.



**Figura 4. 24** Unidad Recuperadora de Fundente

1. Eyector; operado por aire; el otro lado es conectado a una toma de aire comprimido.
2. Manguera de succión; conecta el eyector con la tobera de succión.
3. Tobera de succión
4. Posicionador de tobera; mantiene la tobera sobre la junta de soldadura.
5. Ciclón; Succiona el fundente por medio del aire para llevarlo al contenedor. Este es ajustado sobre el contenedor de fundente.
6. Anillo de tensado
7. Filtro de fundente
8. Manguera de succión
9. Válvula de bola

### 4.3.11.3. Datos Técnicos

Tabla 4. 9 Datos Técnicos

OPC Super			
Presión de aire permisible máx.	6 [kp/cm <sup>2</sup> ]		
Continua A- Presión de sonido ponderada con corrida ociosa	78 [dB]		
Continua A máx.-Presión de sonido ponderada mientras suelda (Presión de trabajo máx.)	74 [dB]		
	[MPa]		
	0.4	0.5	0.6
	[l/min]		
	420	500	580

## 4.4. PRUEBAS DE MANIPULACIÓN DEL EQUIPO SAW, CaB 300 S

Luego de haber descrito las partes del Equipo de Soldadura por Arco Sumergido SAW, CaB 300 S; conjuntamente con el funcionamiento y manejo de las mismas sin dejar de lado la seguridad para el operador y el equipo, se describe la primera práctica con el equipo de soldadura.

Como primer paso para iniciar la manipulación del equipo se designa a la persona que estará a cargo del manejo del equipo; la misma que después será la encargada de llevar a cabo las calificaciones de procedimiento y las calificaciones para ser operador de soldadura en el proceso de soldadura por arco sumergido automático.

Para este caso la persona que se designa es un soldador que ya previamente tenía calificaciones en otros procesos de soldadura sin dejar de lado la larga experiencia y trayectoria en este sector productivo del Ecuador.

Al mencionado soldador se le dio a conocer todas las bases que se manejan en el proceso de soldadura por arco sumergido al igual que las partes del equipo, su funcionamiento, los consejos de seguridad para él y equipo, paradas de emergencia, etc.

Una vez delineado los parámetros básicos para manipulación del equipo se procede a realizar los primeros movimientos del mismo.

El objetivo de manipulación del equipo es probar los movimientos del mismo como lo son traslación del equipo sobre los rieles, ascenso/descenso de la pluma, giro de la columna/pluma y avance transversal de la pluma; todos estos movimientos se realizaron para verificar posiciones extremas de las partes del equipo, además del volumen de trabajo. Logrando así de esta forma también verificar el correcto funcionamiento de los controles remoto.

#### **4.5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS CON PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

En el presente proyecto se muestra en esencia ensayos que permiten determinar los costos de soldadura, sin dejar de lado los ensayos que se llevaron a cabo para la calificación del procedimiento de soldadura; que de igual forma se validaron para calificar al operador de soldadura por arco sumergido.

Por lo que a continuación se describe los ensayos de Soldadura por Arco Sumergido, con juntas a tope con ranura; y, juntas a filete.

##### **4.5.1. ELECTRODO OK AUTROD 12.20 Y FUNDENTE OK FLUX 10.71 ESAB**

En primera instancia se da conocer la combinación de electrodo-fundente a utilizar, así como de igual forma se enmarcan los criterios que se utilizan para la selección de los mismos.

###### **4.5.1.1. Características de Electrodo Sólido**

Este electrodo se usa exclusivamente para soldadura por arco sumergido, en procesos automáticos. Posee un recubrimiento de cobre que le brinda una estabilidad al arco de soldar, incrementando a demás la vida útil de la boquilla de contacto al garantizar un contacto eléctrico adecuado.

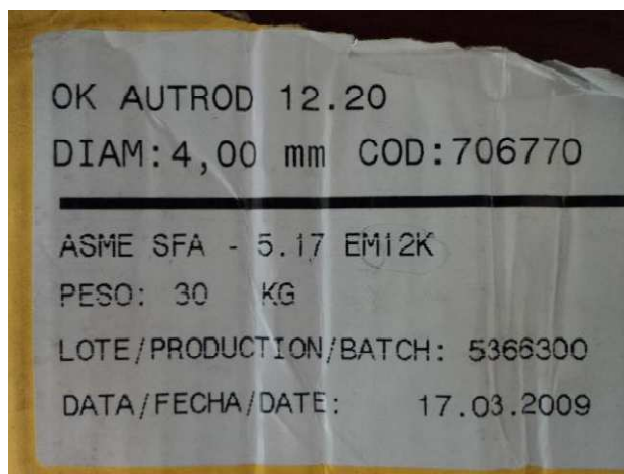


Figura 4. 25 Etiqueta de Electrodo Marca ESAB

#### 4.5.1.2. Composición de Electrodo Sólido OK AUTROD 12.20

Alambre sólido de bajo carbono (0.12%), mediano manganeso y 0.95% de Níquel. Especialmente diseñado para usarse con fundentes neutros (Ver Anexo 11).

#### 4.5.1.3. Recomendaciones para Alambres Sólidos y Tubulares Marca ESAB

El objetivo, es evitar el contacto con el agua ó la humedad. Es de máxima importancia evitar su contacto directo con el agua. Esto, puede ser debido bien a la lluvia ó a la condensación de humedad sobre el hilo a temperaturas inferiores a la del ambiente.

Para evitar la condensación, mantenga los hilos en sus embalajes originales y, si es preciso, dejarles que alcancen, al menos, la temperatura ambiente del taller antes de abrir el embalaje.

Se debe evitar, en la superficie a soldar, la presencia de sustancias que contengan hidrógeno, como aceites, grasas y productos de corrosión, o sustancias que puedan absorber la humedad.

Si el hilo, se mantiene dentro de su embalaje sin abrir, en unas condiciones de 10-30 [°C] y HR < 65 % su tiempo de almacenamiento es prácticamente ilimitado.

#### 4.5.1.4. Características de Fundente

OK Flux 10.71 es un fundente aglomerado, básico para la soldadura de arco sumergido. Se utiliza para la soldadura de uno ó varios pases de en todos los espesores. Se puede combinar con una amplia gama de hilos sólidos y alambres



tubulares, por lo tanto es apto para todo tipo de aceros. OK Flux 10.71 combina los valores de una buena resistencia con excelente soldabilidad. Se utiliza para los procedimientos individuales y multi-alambre como el tándem doble arco, y muchos más; soldaduras a tope y de filete. Funciona igual en corriente continua y alterna. La separabilidad de escoria y buena aleación limitado de Si y Mn lo hace muy adecuado para múltiples pasadas de soldadura de sección gruesa.

En la construcción en general, OK Flux 10.71 es uno de los flux para SAW más utilizados. No sólo para los aceros estructurales y aceros de grano fino, sino también para aceros resistentes a la intemperie por ejemplo, para puentes. Recipientes a presión se sueldan con este flujo, ya que puede ser utilizado para una amplia gama de aceros, incluidos los aceros de baja temperatura. Esto reduce el número de flux diferentes de un cliente tiene que tener en stock.



Figura 4. 26 Etiqueta de Fundente Marca ESAB

#### 4.5.1.5. Composición de Fundente OK FLUX 10.71

El OK Flux 10.71 es un flux aglomerado, ligeramente aleado en Si y Mn, para uniones en ángulo y a tope en una ó varias pasadas de aceros suaves de media y alta resistencia (Ver Anexo 12).

#### 4.5.1.6. Recomendaciones para Fundente ESAB

El flux ESAB para arco sumergido (SAW) posee unas propiedades excelentes para su almacenamiento. En las condiciones de entrega, su contenido de humedad es inferior al 0,05%, determinado a 1000 [°C]. Es de enorme importancia

para la calidad del metal de aporte, que el contenido en humedad se mantenga lo más bajo posible.

Los OK flux se suministran habitualmente en bolsas de plástico de 20 ó 25 [kg] dentro de sacos de papel resistentes a la humedad. También se pueden suministrar en bidones metálicos de 25 y 250 [kg] y bolsos (Big Bag) de 500-1000 [kg].

No obstante, existe la posibilidad de que los OK Flux absorban humedad durante su manipulación, almacenamiento ó transporte inadecuados. Esto se hace presente con la aparición de escorias porosas y/o poros en el aporte. A continuación se indican unas recomendaciones para evitar la absorción de humedad:

- Los OK Flux deben almacenarse en lugares secos. Por regla general, las condiciones ambientales no deben exceder de una humedad relativa del 60%, para temperaturas de  $20 \pm 10$  [°C].
- Los envases de Flux no deben ser expuestos a la humedad directa, como la lluvia ó la nieve.

Si se siguen las recomendaciones anteriores, los OK flux se pueden almacenar durante los siguientes periodos:

- Bidones: Máx. 3 años
- Sacos de papel: Máx. 2 años
- Bolsos (Big Bag): Máx. 6 meses.

Durante largas paradas en la producción, los flux que hayan quedado en los contenedores de las máquinas de soldadura ó en el taller, deben ser llevados a una estufa y mantenidos a  $150 \pm 25$  [°C].

Si por cualquier razón los OK flux se han humedecido, se pueden recuperar por resecado en las siguientes condiciones.

OK Flux fundidos:  $200 \pm 50$  [°C]

OK Flux aglomerados:  $300 \pm 25$  [°C]

La cantidad adecuada de flux que se puede secar en un horno, depende del diseño y la ventilación del mismo, pero la altura de la capa de flux no debería exceder los 50 [mm]. El flux resecado debe almacenarse a  $150 \pm 25$  [°C] hasta su uso.

#### 4.5.1.7. Combinaciones de Alambre-Fundente según ESAB

Por lo general los fabricantes de estos consumibles de soldadura adjuntan información sobre posibles combinaciones electrodo-fundente, de acuerdo a la aplicación requerida por el cliente. A continuación se muestra una sugerencia de combinaciones electrodo electrodo-flux de acuerdo a ESAB.





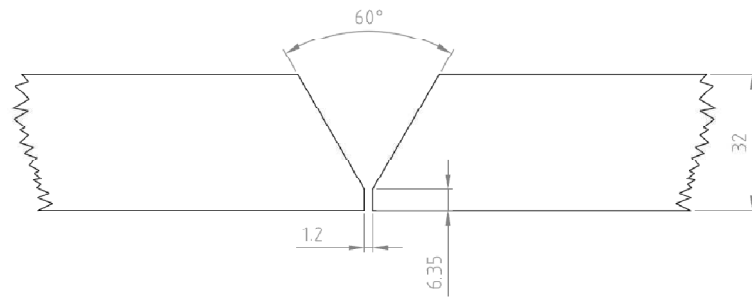
Materiales Base & Clasificación de los aceros de mayor uso en la Industria	Recomendaciones Fundente/ Alambre		Comentarios:
	Pasada Simple Espesor < 25 mm	Multipasadas Espesor > 25 mm	
ASTM A515 / 516 Gr70 IRAM 501 Gr F30	OK 10.81+OK 12.10/12.20 (*) OK 429+OK 12.20 (1)	OK 10.71+ OK 12.20 OK 10.71+ OK12.40	<p>*La combinación indicada es la más usada</p> <p>1. Debe usarse en combinación cuando se requieran CHV – 20°C con un mínimo de 4 a 5 pasadas</p> <p>2. Se considera plancha fina para SAW, e &lt; 5mm</p> <p>3. Producen soldaduras que pasan con éxito los ensayos de RX y prueba hidráulica, aún con una sola pasada</p> 
ASTM A283 /A285 Gr C/D –B/C ASTM A515/516 Gr65/60 – F24	OK10.81+OK 12.10 (*) OK 10.71+ OK 12.20 (1)	OK 10.71+ OK 12.20 OK 429+ OK 12.20	
Calidad Comercial ASTM A 36 / SAE 1010/15/20	OK 10.81+ OK 12.10 OK 10.81B+ OK 12.10	OK 10.71+ OK 12.10 OK 10.71+ OK 12.20	
Plancha Naval A. 131- 88 / Gr A/B - D/E	OK 10.81/ OK 12.10 OK 350 / OK 12.10	OK 429+ OK 12.20	
API 5 LX –X52 a X60	OK 350+ OK 12.10	OK 10.71+OK12.40	
Plancha Fina-Alta velocidad	OK 282+ OK 12.10 (2)		
Soldadura vigas FH en aceros estructurales	OK 350+ OK 12.10 (*) OK 10.81B+ OK 12.20	OK 429+ OK 12.20	
Aceros para garrapas ó botellones de Gas	OK 10.82B+OK 12.10 (*) (3) OK 231/OK 350+ OK 12.10	Nota: OK 12.10: EL12 OK 12.20: EM12K	
<p>OK Flux 429 + OK 12.20 - OK Flux 10.71 + OK 12.20</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Gruesos Espesores, Componentes de máquinas &amp; estructuras soldadas &gt; 25 mm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Puentes Soldadura a Tope</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Recipientes a presión desde 25 mm -AW</p> </div> </div>			

Figura 4. 27 Combinaciones Electrodo-Fundente según Marca ESAB

#### 4.5.2. ENSAYO DE SOLDADURA CON JUNTA A TOPE

Este ensayo fue el destinado a la calificación del procedimiento de soldadura a lo igual que la calificación de operador de soldadura por arco sumergido.

En la siguiente figura se muestra el diseño de junta.



**Figura 4. 28** Diseño de Junta

Una vez conocido el diseño de junta se procedió a preparar las placas de material base de soldadura (SA-516 Gr. 70) tal como lo muestra la junta. Las dimensiones finales de la placa base para el ensayo fueron en base a ASME Sección IX; “Calificaciones de Soldadura y Soldadura Fuerte (Welding and Brazing Qualifications)”; Sociedad Americana de Ingenieros Mecanicos (American Society of Mechanical Engineers); 2007 en sus artículos QW-462 y QW-463.1(b). En consecuencia la placa base para realizar la soldadura por arco sumergido termino con las siguientes dimensiones 290.5 x 304.8 [mm].

Además fue necesario la colocación de pestañas de inicio y de escurriemiento de modo que sean un soporte para la soldadura, el fundente y la escoria fundida. Estas pestañas son soldadas con puntos provisionales.

A continuacion se muestra la placa base lista para realizar la soldadura por arco sumergido.



**Figura 4. 29** Placa Base a Soldar

Una vez listo el metal base se procede a programar el PEH A2-A6 con las variables ya propuestas en el WPS, todo los valores de las variables de operación por cada pase y el tiempo que conllevo cada uno, se encuentran en el Anexo 5 que trata de el procedimiento de soldadura para Arco Sumergido, indicando además las alturas de cordón y sobremontas para cada pase de soldadura con ayuda del calibrador Bridge Cam.



**Figura 4. 30** Calibrador Bridge Cam

A continuación se muestra el desarrollo del proceso de soldadura por arco sumergido.



**Figura 4. 31** Soldadura por Arco Sumergido

Luego del pase número 16 de soldadura se llevo a obtener sobremontas de 1.5 y 2 [mm] con tres pases en la superficie de la placa base. En la siguiente figura se muestra los pases de parte superior de la junta.



**Figura 4. 32** Soldadura de Cara con Tres Pases

Una vez terminado la soldadura por la cara del metal base se procedió a buscar la raíz por medio de amoladora a lo igual que se realizó la limpieza de la raíz para de esta forma dar el pase número 17 final de raíz.



**Figura 4. 33** Soldadura de Raíz con Un Pase

#### **4.5.3. ENSAYO DE SOLDADURA CON JUNTA DE FILETE**

Para este caso se valida como ensayo la fabricación de veinte y dos columnas tipo "I" de 450x300x12000 [mm] mediante el proceso de arco sumergido.

Este estudio; a su vez, se ve reflejado en la aplicabilidad de criterios constructivos como la selección de alambre y fundente de acuerdo al Código ASME que tiene como enfoque el diseño, fabricación de calderas, recipientes a presión (ASME VIII, ASME IX) y tubería a presión (ASME B 31); a elementos estructurales que en sí, tienen como fundamento el Código AWS en lo que respecta a elementos

estructurales para edificios, puentes y en general estructuras soldadas en acero. El código que también sirve como referencia para la fabricación, inspección y control de estos elementos estructurales es el Código D1.1 Soldadura para estructuras en acero.

Para la fabricación de este tipo de elementos estructurales se requirió:

**Tabla 4. 10** Cantidad de Material para Columnas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO [Kg]	OBSERVACIÓN
Flejes 426x3000x12	44	120.39	Componentes alma
Flejes 426x6000x12	22	240.78	Componente alma
Flejes 300x6000x12	88	169.56	Componentes alas

Por lo anteriormente se tiene que el peso total de acero en columnas es de 25515.6 [kg]. Mientras que para una sola columna la cantidad de material es:

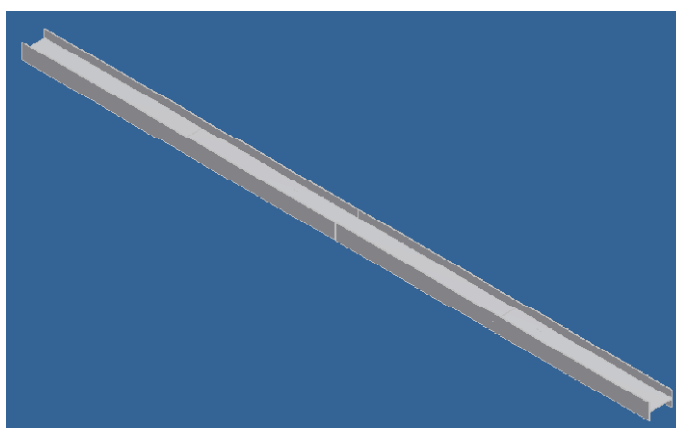
**Tabla 4. 11** Cantidad de Material para Una Columna

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO [Kg]	OBSERVACIÓN
Flejes 426x3000x12	2	120.39	Componentes alma
Flejes 426x6000x12	1	240.78	Componente alma
Flejes 300x6000x12	4	169.56	Componentes alas

Luego el peso de una columna es de 1159.80 [Kg].

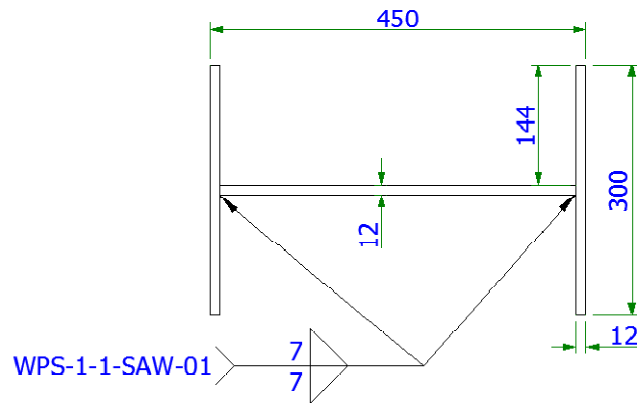
Estas cantidades de acero descritas son únicamente el peso en lo que respecta a columnas, para la construcción de una nave industrial en la Región Amazónica; el tamaño de flejes es propio del previo diseño estructural que ya se lo realizó a la nave ya su vez se refleja en el requerimiento dimensional de dichas columnas

En el siguiente gráfico se muestra el diseño 3D de la columna a ser producida.



**Figura 4. 34** Modelado Columna 3D

La altura de la columna es 12 [m] y las dimensiones finales de la sección de columna son:



**Figura 4. 35** Detalle de Soldadura Patines y Alma

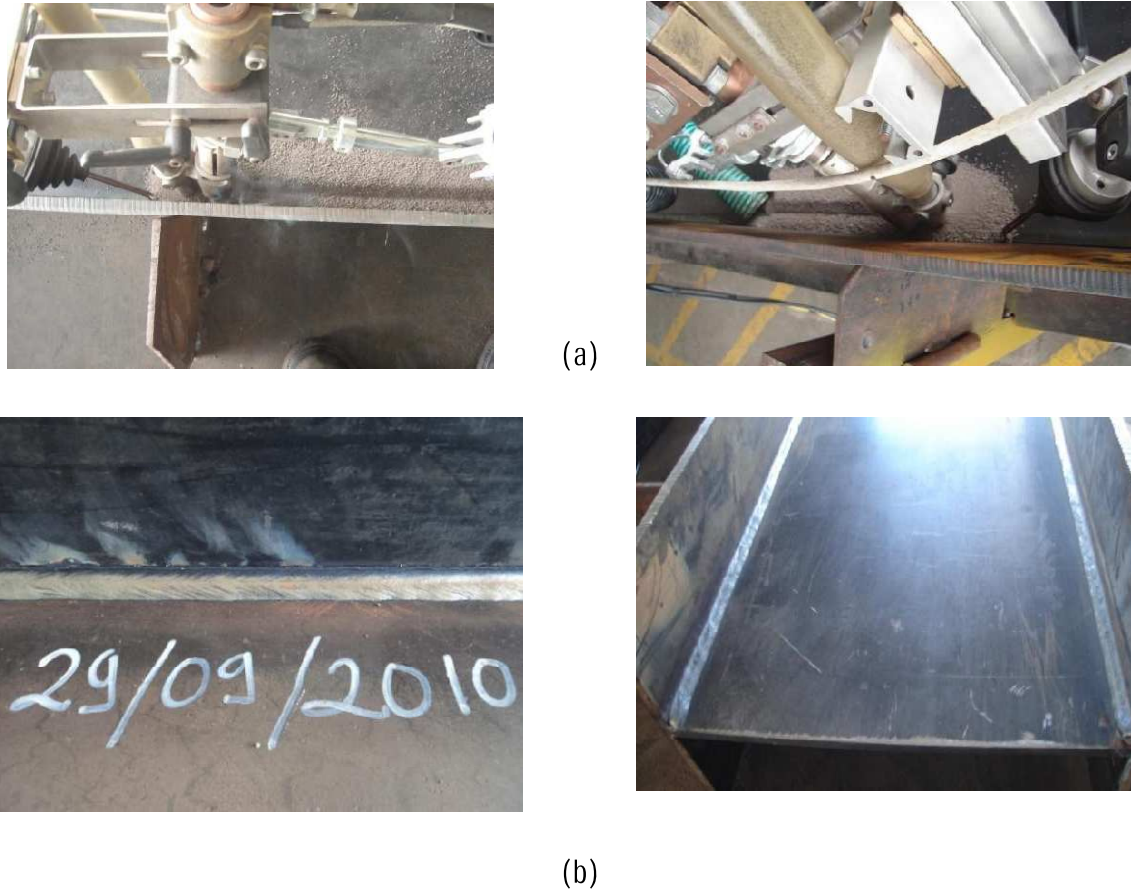
Luego de plantear los para metros de diseño se procede a la fabricación. En el siguiente gráfico se muestra la columna armada y lista para realizar el proceso de soldadura por arco sumergido.



**Figura 4. 36** Disposición de la Columna en Posición de Soldadura a Filete

La afinación de parámetros de operación tuvo que realizarse hasta la cuarta columna y de ahí en adelante el proceso se volvió repetitivo en parámetros de funcionamiento y variables de operación. En la siguiente figura se muestra el desarrollo de la ejecución de la columna.





**Figura 4.37** Operación de Soldadura en Columna C1; (a) Ejecución de Soldadura; y, (b) Soldadura en Columnas

Los criterios de aceptación visual para los defectos de soldadura se los tomo del Código AWS D1.1 y un resumen se muestra en el Anexo 13.

Las variables de operación para la programación del PEH y el tamaño de sección del cordón de las columnas se encuentran registradas en el Anexo 14.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

Al analizar los factores y variables implicados en el proceso de soldadura por arco sumergido indicados en los capítulos anteriores, se observa que la valorización no es sencilla, pero no obstante este cálculo se simplifica con la utilización de tablas y aplicando unas pocas fórmulas de fácil resolución.

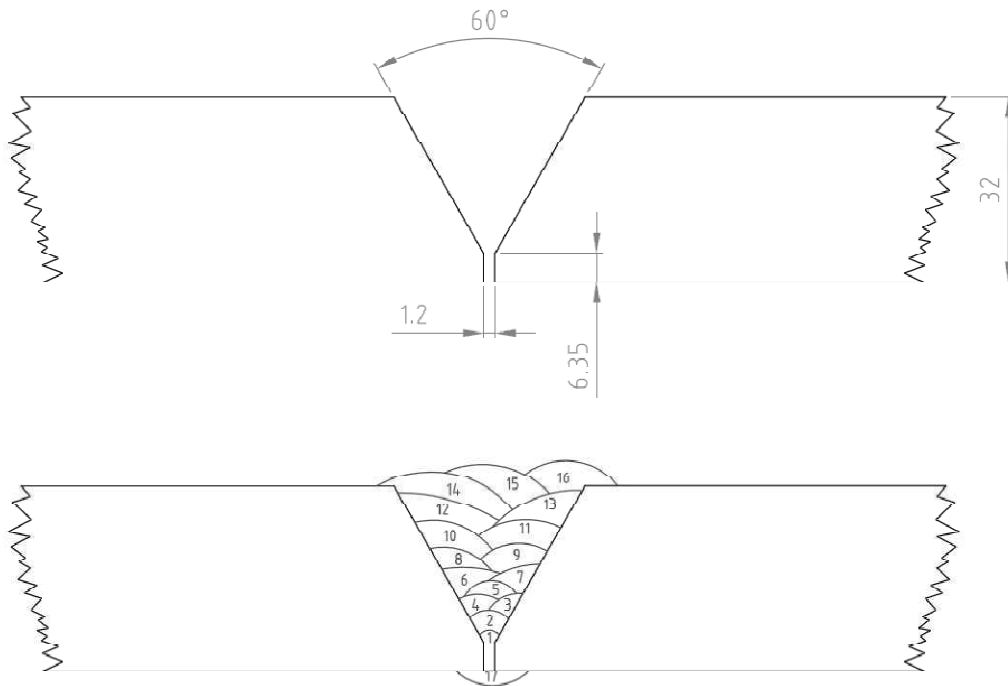
De este modo con información más genérica, se pueden calcular los costos asociados al proceso de soldadura por arco sumergido; reduciendo, así a su mínima expresión los costos y el tiempo de procesamiento para obtener de esta forma, las mejores aproximaciones en la práctica real.

#### **5.1. CÁLCULO DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO**

Puesto que el cálculo de costos en el proceso de soldadura se basa en la cantidad o metal de aporte necesario para completar la unión soldada; en el presente proyecto se delinea dos tipos de juntas de los cuales se posee datos, además de que en la práctica para este proceso de soldadura por arco sumergido son de recurrencia.

##### **5.1.1. CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA EN LA JUNTA DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO Y HABILIDAD DEL OPERADOR DE SOLDADURA**

Para este caso la junta que se aplicó es una junta de ranura, la cual fue aplicada en la elaboración de calificación de procedimiento de soldadura y calificación de habilidad del operador de soldadura.



**Figura 5. 1** Diseño de Junta y Número de Pases de Soldadura

Este procedimiento de soldadura constó de 16 pases de relleno y 1 pase de raíz, los valores de las variables de operación que se utilizaron en la programación se encuentran detallados en el Anexo 5.

Para el cálculo de costos por arco sumergido en la elaboración de esta probeta se lo hace en base a las ecuaciones detalladas en el capítulo tres.

En este caso el cálculo se inicia con la determinación del área de la sección transversal, que por tratarse de varios pases y poseer las dimensiones de las sobremontas (ver Anexo 5); se lo hace con un gráfico ayudado por Auto CAD. Obteniendo las siguientes figuras.

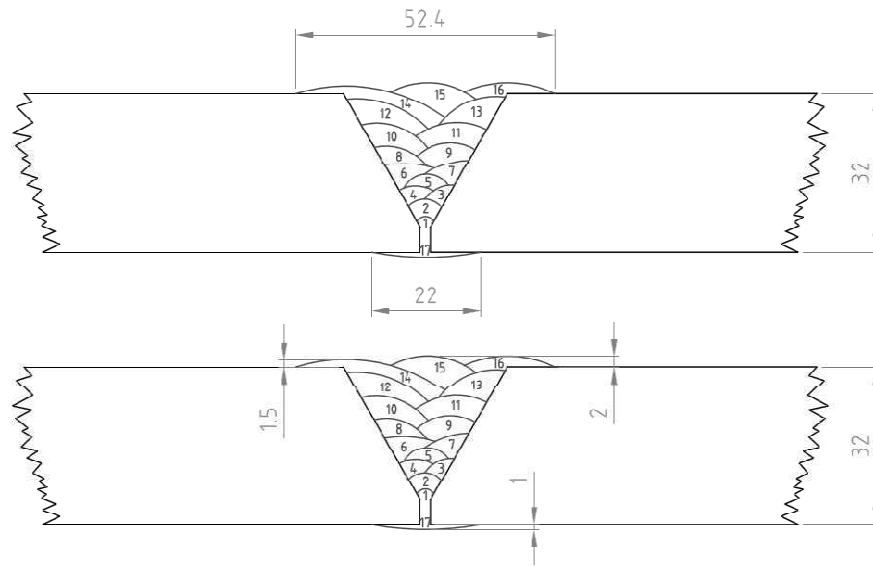


Figura 5.2 Tamaño de Cordón de Soldadura

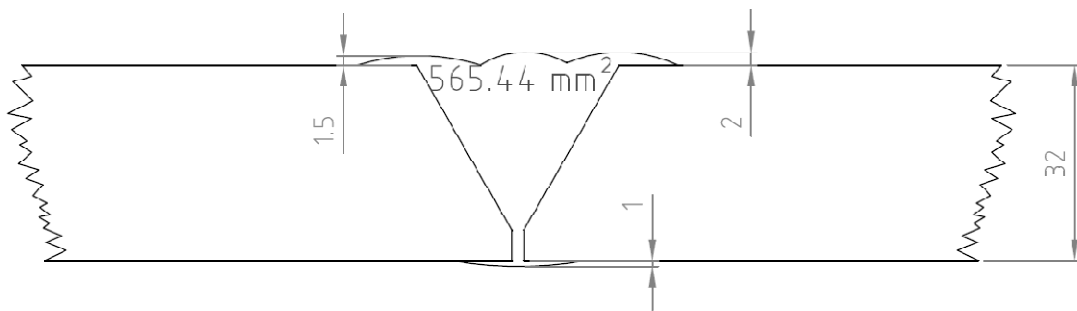


Figura 5.3 Área Calculada con Ayuda de Auto CAD

El área es calculada a partir del comando "región" el cual luego por medio de propiedades muestra el área de una región en milímetros cuadrados.

Por lo tanto:

$$CSA = 565.44 \text{ [mm}^2\text{]} = 5.6544 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Además se conoce la densidad del material de aporte similar al acero.

Utilizando la ecuación 3.1 del capítulo 3 se procede a calcular el peso del depósito de soldadura expresado en [kg/m].

$$PDS \text{ [kg/m]} = CSA[\text{cm}^2] \times \delta_m[\text{kg/cm}^3] \times 100 \quad (3.1)$$

PDS: Peso del depósito de soldadura

CSA: Área de la sección transversal

$$\delta_m = 0.00785 \text{ [kg/cm}^3\text{]}$$

$$PDS \text{ [kg/m]} = 5.6544[\text{cm}^2] \times 0.00785[\text{kg/cm}^3] \times 100$$

$$PDS = 4.44 \text{ [kg/m]}$$

Peso de metal de aporte necesario:

$$PMAN \text{ [kg/m]} = \frac{PDS \text{ [kg/m]}}{RMA \text{ [%]}} \quad (3.3)$$

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte; RMA=98 [%] (Tabla 3.3)

$$PMAN \text{ [kg/m]} = \frac{4.44 \text{ [kg/m]}}{98 \text{ [%]}}$$

$$PMAN \text{ [kg/m]} = 4.53 \text{ [kg/m]}$$

Costo del metal de aporte:

$$CE \text{ [USD/m]} = \frac{C_e \text{ [USD/kg]} \times PDS \text{ [kg/m]}}{RMA \text{ [%]}} \quad (3.4)$$

Donde:

CE: Costo del electrodo por metro

Ce: Costo del electrodo por kilogramo; Ce=2.03 [USD/kg] (Anexo 15)

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte

$$CE \text{ [USD/m]} = \frac{2.03 \text{ [USD/kg]} \times 4.44 \text{ [kg/m]}}{98 \text{ [%]}}$$

$$CE \text{ [USD/m]} = 9.19 \text{ [USD/m]}$$

Costo del fundente:

$$CF \text{ [USD/m]} = C_f \text{ [USD/kg]} \times PDS \text{ [kg/m]} \times RF \quad (3.8)$$

Donde:

CF: Costo del fundente por metro

Cf: Costo del fundente por kilogramo; Cf=2.11 [USD/kg] (Anexo 15)

PDS: Peso del depósito de soldadura

RF: Relación de fundente

La relación de fundente para arco sumergido en teoría va de 1 hasta 1.5 [kg] de fundente por cada [kg] de electrodo, incluyendo pérdidas por manipuleo y mal sistema de recuperación. Para este caso de acuerdo al fabricante se utiliza una relación de fundente, RF=09; como referencia de la tabla 3.7.

$$CF [USD/m] = 2.11 [USD/kg] \times 4.44 [kg/m] \times 1$$

$$CF [USD/m] = 9.37 [USD/m]$$

Costo de mano de obra:

$$CMO [USD/m] = \frac{SS [USD/h] \times PDS [kg/m]}{VD [kg/h] \times FO [\%]} \quad (3.10)$$

Donde:

CMO: Costo mano de obra

SS: Sueldo de soldador u operador de soldadura

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito; VD= 5.7 [kg/h] (Anexo 10)

FO: Factor de operador; FO=75 [%] (Tabla 3.2)

El sueldo del operador de soldadura expresado en dólares por hora se lo obtiene a partir del salario mensual sin la inclusión de horas extras. Para este caso se parte de un salario mensual de 1200 [USD] por mes de trabajo equivalente a 160 [h].

$$CMO [USD/m] = \frac{7.5 [USD/h] \times 4.44 [kg/m]}{5.7 [kg/h] \times 75 [\%]}$$

$$CMO [USD/m] = 0.08 [USD/m]$$

Costo de energía eléctrica:

$$CEE [USD/m] = \frac{TE [USD/kWh] \times V [V] \times A [A] \times PDS [kg/m] \times 60}{100000 \times VD [kg/h] \times FO [\%] \times EFE [\%]} \quad (3.12)$$

Donde:

CEE: Costo de energía eléctrica

TE: Tarifa eléctrica; TE=0.1021 [USD/kWh] (Tabla 3.1)

V: Voltaje, V=27.3 [V] (Anexo 5, Tabla A.1)

A: Amperaje A=416 [A] (Anexo 5, Tabla A.1)

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito; VD= 4.7 [kg/h] (Anexo 10)

FO: Factor de operador; FO=75 [%] (Tabla 3.2)

EFE: Eficiencia de la fuente de energía; EFE=0.87 (Tabla 4.2)

La tarifa eléctrica es tomada en base a la sectorización que hizo el CONELEC en el 2010 y que se muestra en la Tabla 3.1 Costo del servicio de distribución eléctrica.

Los factores de amperaje y voltaje son valores promedio de los 17 países que se realizaron en el desarrollo de la calificación de procedimiento y operador de soldadura.

La eficiencia de la fuente de energía es propia de la fuente del equipo de soldadura y se lo encuentra en la Tabla 4.2 Características técnicas de la fuente.

El ejemplo de cálculo que a continuación se muestra es el correspondiente al primer pase de soldadura. Los demás pases se encuentran en la tabla 5.1.

$$CEE [USD/m] = \frac{0.1021[USD/kWh] \times 27.3 [V] \times 416 [A] \times 0.26 [kg/m] \times 60}{100000 \times 4.7 [kg/h] \times 75 [\%] \times 87 [\%]}$$

$$CEE [USD/m] = 0.06 [USD/m]$$

**Tabla 5. 1** Costos de Energía Eléctrica por Cada Pase

Número de Pase	Corriente [A]	Voltaje [V]	CEE [USD/m]
1	416	27.3	0.06
2	440	27.8	0.06
3	480	29.3	0.06
4	480	29.3	0.06
5	585	31.5	0.07
6	585	31.5	0.07
7	585	31.5	0.07
8	585	31.5	0.07
9	620	31.5	0.06
10	620	31.5	0.06
11	620	31.5	0.06
12	620	31.5	0.06
13	620	31.5	0.06
14	620	31.5	0.06
15	620	31.5	0.06
16	620	31.5	0.06
17	620	33	0.07

El costo total de energía eléctrica en los 17 pases de soldadura tiene un valor de:

$CTEE = 1.10 [USD/m]$ , Costo Total de Energía Eléctrica

Al sumar los costos anteriormente calculados se tiene el Costo Total de Soldadura, CTS.

$$CTS = CE + CF + CMO + CTEE [USD/m] \quad (3.13)$$



Donde:

CTS: Costo total de soldadura

CE: Costo del electrodo por metro

CF: Costo del fundente por metro

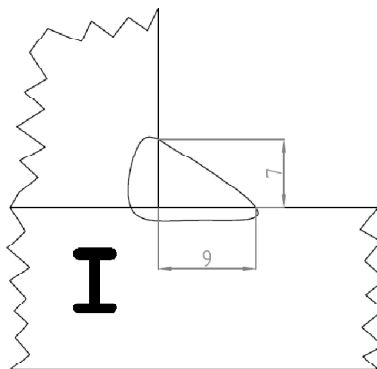
CTEE: Costo total de energía eléctrica por metro

$$CTS = 9.19 + 9.37 + 0.08 + 1.10 \text{ [USD/m]}$$

$$CTS = 19.73 \text{ [USD/m]}$$

### 5.1.2. CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA EN LA JUNTA UTILIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS

Para este caso la junta que se aplicó es una junta de filete, la cual fue aplicada en la elaboración de veinte y dos columnas.



**Figura 5. 4** Diseño de Junta

Este procedimiento de fabricación de columnas fue hecho a un solo pase; con dimensiones de cordón de soldadura de acuerdo al Anexo 14. Además en este anexo se encuentra detallado las variables de operación programadas en el PEH de equipo de soldadura CaB 300 S para llevar a cabo la soldadura de las mismas.

Para el cálculo de costo de por arco sumergido en la elaboración de estos elementos estructurales se lo hace en base a las ecuaciones detalladas en el capítulo tres.

El área se calcula a partir de la fórmula de la Figura 3.1 Áreas y pesos del depósito de soldadura, la fila que menciona soldadura a chaflán con lados desiguales.

Por lo tanto:

$$C S A = \frac{1}{2} \times S_1 \times S_2$$

De donde  $S_1$  y  $S_2$  son las longitudes de un triángulo rectángulo, cuyos valores se muestran en la Figura 5.4 Diseño de junta.

$$C S A = \frac{1}{2} \times 7 \times 9 = 31.5 \text{ [mm}^2\text{]} = 0.315 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Además se conoce la densidad del material de aporte similar al acero.

Utilizando la ecuación 3.1 del capítulo 3 se procede a calcular el peso del depósito de soldadura expresado en [kg/m].

$$PDS \text{ [kg/m]} = CSA[\text{cm}^2] \times \delta_m[\text{kg/cm}^3] \times 100 \quad (3.1)$$

PDS: Peso del depósito de soldadura

CSA: Área de la sección transversal

$$\delta_m = 0.00785 \text{ [kg/cm}^3\text{]}$$

$$PDS \text{ [kg/m]} = 31.5[\text{cm}^2] \times 0.00785[\text{kg/cm}^3] \times 100$$

$$PDS = 0.25 \text{ [kg/m]}$$

Peso de metal de aporte necesario:

$$PMAN \text{ [kg/m]} = \frac{PDS \text{ [kg/m]}}{RMA \text{ [%]}} \quad (3.3)$$

PMAN: Peso del metal de aporte necesario

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte; RMA=98 [%] (Tabla 3.3)

$$PMAN [kg/m] = \frac{0.25 [kg/m]}{98 [\%]}$$

$$PMAN [kg/m] = 0.25 [kg/m]$$

Costo del metal de aporte:

$$CE [USD/m] = \frac{ce [USD/kg] \times PDS [kg/m]}{RMA [\%]} \quad (3.4)$$

Donde:

CE: Costo del electrodo por metro

Ce: Costo del electrodo por kilogramo; Ce=2.03 [USD/kg] (Anexo 15)

PDS: Peso del depósito de soldadura

RMA: Rendimiento del metal de aporte

$$CE [USD/m] = \frac{2.03 [USD/kg] \times 0.25 [kg/m]}{98 [\%]}$$

$$CE [USD/m] = 0.51 [USD/m]$$

Costo del fundente:

$$CF [USD/m] = Cf [USD/kg] \times PDS [kg/m] \times RF \quad (3.8)$$

Donde:

CF: Costo del fundente por metro

Cf: Costo del fundente por kilogramo; Cf=2.11 [USD/kg] (Anexo 15)

PDS: Peso del depósito de soldadura

RF: Relación de fundente

La relación de fundente para arco sumergido va de 1 hasta 1.5 como un factor adimensional. Para este caso se utiliza una relación de fundente, RF=1.

$$CF [USD/m] = 2.11 [USD/kg] \times 0.25 [kg/m] \times 1$$

$$CF [USD/m] = 0.52 [USD/m]$$

Costo de mano de obra:

$$CMO [USD/m] = \frac{SS [USD/h] \times PDS [kg/m]}{VD [kg/h] \times FO [\%]} \quad (3.10)$$

Donde:

CMO: Costo mano de obra

SS: Sueldo de soldador u operador de soldadura

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito; VD= 5.7 [kg/h] (Anexo 10)

FO: Factor de operador; FO=75 [%] (Tabla 3.2)

El sueldo del operador de soldadura expresado en dólares por hora se lo obtiene a partir del salario mensual sin la inclusión de horas extras. Para este caso se parte de un salario mensual de 1200 [USD] por mes de trabajo equivalente a 160 [h].

$$CMO [USD/m] = \frac{7.5 [USD/h] \times 0.25 [kg/m]}{5.1 [kg/h] \times 75 [\%]}$$

$$CMO [USD/m] = 0.48 [USD/m]$$

Costo de energía eléctrica:

$$CEE [USD/m] = \frac{TE [USD/kWh] \times V [V] \times A [A] \times PDS [kg/m] \times 60}{1000 \times VD [kg/h] \times FO [\%] \times EFE [\%]} \quad (3.12)$$

Donde:

CEE: Costo de energía eléctrica

TE: Tarifa eléctrica; TE=0.1021 [USD/kWh] (Tabla 3.1)

V: Voltaje, V=25.6 [V] (Anexo 14, Tabla A.2)

A: Amperaje A=450 [A] (Anexo 14, Tabla A.2)

PDS: Peso del depósito de soldadura

VD: Velocidad de depósito; VD= 5.7 [kg/h] (Anexo 10)

FO: Factor de operador; FO=75 [%] (Tabla 3.2)

EFE: Eficiencia de la fuente de energía; EFE=0.87 (Tabla 4.2)

La tarifa eléctrica es tomada en base a la sectorización que hizo el CONELEC en el 2010 y que se muestra en la Tabla 3.1 Costo del servicio de distribución eléctrica.

Los factores de amperaje y voltaje son valores promedio de los 4 pases por cada lado de soldadura de la columna, que se realizaron en la fabricación de las 22 columnas.

La eficiencia de la fuente de energía es propia de la fuente del equipo de soldadura y se lo encuentra en la Tabla 4.2 Características técnicas de la fuente.

$$CEE [USD/m] = \frac{0.1021 [USD/kWh] \times 25.6 [V] \times 550 [A] \times 0.25 [kg/m] \times 60}{100000 \times 5.1 [kg/h] \times 60 [\%] \times 87 [\%]}$$

$$CEE [USD/m] = 0.11 [USD/m]$$

Al sumar los costos anteriormente calculados se tiene el Costo Total de Soldadura, CTS.

$$CTS = CE + CF + CMO + CTE [USD/m] \quad (3.13)$$

Donde:

CTS: Costo total de soldadura

CE: Costo del electrodo por metro

CF: Costo del fundente por metro

CTEE: Costo de energía eléctrica por metro

$$CTS = 0.51 + 0.47 + 0.48 + 0.11 [USD/m]$$

$$CTS = 1.57 [USD/m]$$

## **5.2. ANÁLISIS DE COSTOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO<sup>19</sup>**

El análisis de costos unitarios de un proyecto requiere del estudio de cada parte del mismo a los cuales se los conoce como rubros que constituyen el proyecto. Cada de uno de estos rubros necesita de mano de obra, equipos, transporte materiales, es decir, todos los rubros que se necesiten para la ejecución del proyecto.

Para el caso de la fabricación de elementos estructurales, como el mencionado en el presente proyecto de titulación; el primer rubro será el suministro de acero, otro rubro la soldadura, otro la fabricación, etc.

### **5.2.1. FACTOR DE UTILIZACIÓN**

Es un valor subjetivo y su determinación implica por lo general una sobredimensión que ocasiona pérdidas de tiempos en obra. Este término se utiliza solo para la mano de obra y equipos, por ejemplo: hay ciertos equipos que se utilizan para un objetivo pero trabajan solo una parte del tiempo que lleva el ejecutarse ese fin.

### **5.2.2. RENDIMIENTO**

Se refiere a la eficacia con la que se ejecuta el proyecto, para esto se debe definir la cantidad de equipos necesarios para determinado trabajo, si la mano de obra es calificada o no?, y cuan calificada es?, cuál es la forma más conveniente de transporte, etc. Todos estos parámetros dependen de la experiencia en la ejecución de obras similares y el factor más importante; el dinero con el que se cuenta.

En primera instancia el suministro de material neto, 25515.6 [kg]; para la fabricación de las veinte y dos vigas fue suministrado en in lapso de 8 días, con diez horas de trabajo al día.

---

<sup>19</sup> Pillajo J., Sarmiento E.; "DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE ACERO PARA UN EDEFICIO DE APARTAMENTOS PARA SER UTILIZADO EN LA REGIÓN LITORAL DEL ECUADOR"; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; EPN; Ecuador; 2009

$$\text{Rendimiento} = \frac{25515.6 \text{ [kg]}}{8 \text{ [días]}} \times \frac{1 \text{ [día]}}{10 \text{ [horas]}} \quad (5.1)$$

$$\text{Rendimiento} = 318.945 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

Partiendo del análisis de volumen de producción; al efectuarse la fabricación de las vigas se tiene que 25515.6 [kg] de acero fueron procesados en un período de 26 días, con diez horas de trabajo al día. Por lo que a continuación se muestra la estimación calculada del rendimiento obtenido en la fabricación de las veinte y dos vigas.

$$\text{Rendimiento} = \frac{25515.6 \text{ [kg]}}{26 \text{ [días]}} \times \frac{1 \text{ [día]}}{10 \text{ [horas]}} \quad (5.2)$$

$$\text{Rendimiento} = 98 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

El valor anteriormente calculado es el que da muestra que 98 [kg] de producción en una hora fueron necesarios para finalizar el proyecto de fabricación de las columnas, en veinte y seis días.

El siguiente formato de cuadro de costos permite cuantificar los costos unitarios para el suministro de material y fabricación de vigas:

**Tabla 5. 2** Cuadro de Costos Unitarios

Rubro						
Unidad						
Rendimiento						
<b>EQUIPOS</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
<b>PARCIAL (M)</b>						
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
<b>PARCIAL (N)</b>						

MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	UNITARIO (B)	COSTO UNITARIO C=(A)(F)(B)	%
<b>PARCIAL (O)</b>						
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	D.M.T (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	TARIFA (c)	COSTO (C)=(A)(F)(c)	%
<b>PARCIAL (P)</b>						
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>Q=(M+N+O+P)</b>			
(R) COSTOS INDIRECTOS Y GASTOS GENERALES			10%(Q)			
(S) UTILIDADES			10%(Q+R)			
(T) FISCALIZACIÓN			4%(Q+R+S)			
(U) IMPUESTOS			2%(Q+R+S+T)			
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>						

### 5.2.3. RESUMEN DE TARIFAS

Las siguientes tablas muestran costos en detalle de equipos, mano de obra, materiales y acero; que fueron necesarios para la fabricación de las columnas en estudio del presente proyecto de titulación.

**Tabla 5.3** Tarifa de Equipos

ÍTEM	DETALLE	CANT.	COSTO HORA	COSTO [USD]	REFERENCIA
1	Amoladora	3	1.25	200	Revista de la Cámara de Construcción de Quito N° 203/ Marzo-Abril 2009
2	Soldadora SMAW	1	1.80	400	Revista de la Cámara de Construcción de Quito N° 203/ Marzo-Abril 2009
3	Equipo SAW	1	41.60	150000	A partir de la depreciación del equipo
4	Equipo de oxicorte	2	0.83	-	Reglamento Técnico para la Fabricación y Montaje de Edificaciones de Acero
5	Herramienta menor	4	0.83	-	Revista de la Cámara de Construcción de Quito N° 203/ Marzo-Abril 2009
6	Montacargas	1	14.37	-	Reglamento Técnico para la Fabricación y Montaje de Edificaciones de Acero
7	Grúa pluma	1	26.67	-	-



**Tabla 5. 4** Tarifas Mano de Obra

ÍTEM	DETALLE	SALARIO MENSUAL	COSTO HORA	REFERENCIA
1	Ing. Residente	480	3.32	Manual de costos
2	Supervisor	380	2.63	Manual de costos
3	Inspector de END	1800	11.25	Contraloría General del Estado (Salarios mínimos por ley 2009)
4	Soldador calificado	380	2.63	Manual de costos
5	Ayudante de soldador	298.99	1.93	Contraloría General del Estado (Salarios mínimos por ley 2009)
6	Operador de montacargas	304.80	1.97	Contraloría General del Estado (Salarios mínimos por ley 2009)
7	Operador de Grúa	315.28	2.04	Contraloría General del Estado (Salarios mínimos por ley 2009)
8	Bodeguero	200	1.39	Revista de la Cámara de Construcción de Quito N° 203/ Marzo-Abril 2009
9	Contador	300	2.09	Manual de costos
10	Jefe montador	450	3.11	Revista de la Cámara de Construcción de Quito N° 203/ Marzo-Abril 2009

**Tabla 5. 5** Tarifa de Materiales

ÍTEM	DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO [USD]	FUENTE
1	Electrodo E7018 5/32 [in]	1	Kg	4.34	INDURA
2	Electrodo E7018 1/8 [in]	1	Kg	4.34	INDURA
	Electrodo OK 12.20/EM12K 4 [mm]	1	Kg	2.03	IBCA
	Fundente OK 10.71/F7A4 Neutro	1	Kg	2.11	IBCA
	Tanque CO <sub>2</sub>	20	Kg	35.91	INDURA
	Tanque de Oxígeno	9	m <sup>3</sup>	23.23	INDURA
	Tanque de Acetileno	1	Kg	14.46	INDURA
	Disco de desbaste	1	u	2.88	INDURA

**Tabla 5. 6** Tarifa de Acero

ÍTEM	DETALLE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO [USD]	FUENTE
1	Flejes de Acero A-36	1	Kg	1.60	IPAC

Cada uno de los costos anteriormente descritos se encuentra mencionado con su respectiva fuente; a la vez se considera que estos valores sirven de referencia para el cálculo de costos unitarios en la fabricación de elementos estructurales por arco sumergido.

## 5.2.4. ANÁLISIS POR RUBRO

Tabla 5.7 Rubro de Suministro de acero Estructural

Rubro	SUMINISTRO DE ACERO ESTRUCTURAL					
Unidad	kg/h					
Rendimiento	318.945					
<b>EQUIPOS</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
Montacarga	1	14,37	1	14,37	0,045	2,565
Herramienta menor	2	0,83	1	1,66	0,005	0,296
<b>PARCIAL (M)</b>					0,050	2,862
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
Operador montacarga	1	1,97	1	1,97	0,006	0,352
Ayudante	2	1,25	1	2,50	0,008	0,446
Bodeguero	1	1,25	1	1,25	0,004	0,223
<b>PARCIAL (N)</b>					0,018	1,021
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	UNITARIO (B)	COSTO UNITARIO C=(A)(F)(B)	%
Plancha de acero A36	kg	1,03	1	1,6	1,648	93,839
<b>PARCIAL (O)</b>					1,648	93,839
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	D.M.T (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	TARIFA (c)	COSTO (C)=(A)(F)(c)	%
Distribuidor-Planta				global	0,04	2,278
<b>PARCIAL (P)</b>					0,04	2,278
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>				<b>Q=(M+N+O+P)</b>	<b>1,76</b>	<b>100</b>
(R) COSTOS INDIRECTOS Y GASTOS GENERALES				10%(Q)	0,18	
(S) UTILIDADES				10%(Q+R)	0,19	
(T) FISCALIZACIÓN				4%(Q+R+S)	0,08	
(U) IMPUESTOS				2%(Q+R+S+T)	0,04	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>					<b>2,25</b>	

**Tabla 5. 8** Rubro de Fabricación de Columnas

Rubro	CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS					
Unidad	kg/h					
Rendimiento	98					
<b>EQUIPOS</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
Equipo de oxicorte	1	0,83	1	0,83	0,008	0,441
Equipo SAW	1	41,60	1	41,60	0,424	22,102
Equipo SMAW	1	1,80	1	1,80	0,018	0,956
Amoladora	2	1,25	1	2,50	0,026	1,328
Herramienta menor	2	0,83	1	1,66	0,017	0,882
Grúa pluma	1	13,33	1	13,33	0,136	7,082
<b>PARCIAL (M)</b>					0,630	32,791
<b>MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (A)	TARIFA (B)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	COSTO HORA (C)=(A)(B)(F)	COSTO UNITARIO D=C/R	%
Operador montacarga	1	1,97	1	1,97	0,020	1,047
Cortador	1	2,09	1	2,09	0,021	1,110
Ayudante de soldador	2	3,75	1	7,50	0,077	3,985
Operador de soldadura calificado	2	8,57	1	17,14	0,175	9,106
<b>PARCIAL (N)</b>					0,293	15,248
<b>MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	UNITARIO (B)	COSTO UNITARIO C=(A)(F)(B)	%
Oxígeno	m <sup>3</sup>	0,04	1	2,891	0,116	6,021
Acetileno	m <sup>3</sup>	0,04	1	16,240	0,650	33,822
Electrodo EM12K	kg	0,013	1	4,861	0,063	3,290
Flux OK 10.71	kg	0,013	1	5,861	0,076	3,967
Disco abrasivo	u	0,004	1	3,226	0,013	0,672
C O2	m <sup>3</sup>	0,04	1	2,011	0,080	4,188
<b>PARCIAL (O)</b>					0,998	51,961
<b>TRANSPORTE</b>						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	D.M.T (A)	FACTOR DE UTILIZACIÓN (F)	TARIFA (c)	COSTO (C)=(A)(F)(c)	%

Planta-Obra			global	0	0,000
<b>PARCIAL (P)</b>				0	0,000
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>Q=(M+N+O+P)</b>	<b>1,92</b>	<b>100</b>
(R) COSTOS ADMINISTRATIVOS	8% (Q)			0,15	
(S) UTILIDADES	15% (Q+R)			0,29	
(T) FISCALIZACIÓN	4% (Q+R+S)			0,09	
(U) IMPUESTOS	2% (Q+R+S+T)			0,05	
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>				<b>2,51</b>	

Una vez obtenidos los costos unitarios se puede obtener el presupuesto de fabricación de elementos estructurales por arco sumergido.

**Tabla 5.9** Presupuesto de Fabricación

ÍTEM	ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO [USD]	PRECIO TOTAL [USD]
1	Suministro de acero estructural	kg	25515,6	2,25	57517,11
2	Construcción de columnas tipo "I" de 450x300 [mm] y 12 [mm] de espesor	kg	25515,6	2,51	63942,05
				<b>SUBTOTAL</b>	121459,16
				<b>IVA 12 %</b>	14575,10
				<b>TOTAL</b>	136034,26

## CAPÍTULO VI

### ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL EQUIPO DE SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

La elaboración de un análisis se basa en estimaciones de producción y de lo que se espera en el futuro, los beneficios y costos se asocian a un proyecto en este caso a la adquisición del equipo de soldadura por arco sumergido.

Satisfacer una necesidad percibida y el aumento de la productividad en la industria petrolera, fueron dos de los factores principales que conllevaron a la adquisición del equipo de soldadura por arco sumergido ESAB CaB 300 S.

Por consiguiente en este capítulo se muestra el destino de los recursos y las ventajas que se perciben, en torno a la adquisición del equipo de soldadura por arco sumergido ESAB CAB 300 S.

#### 6.1. COSTOS DEL PROYECTO

Costo se define como la suma de las erogaciones que incurre una persona natural o jurídica para la adquisición de un bien o un servicio.

Los costos que componen el flujo de caja definen los recursos básicos y necesarios para la operación óptima del proyecto, para este caso el equipo de soldadura por arco sumergido.

Existen muchas clasificaciones de costo, dependiendo del uso que se quiera dar a los mismos. Una clasificación usual de costos se agrupa según el objeto del costo; costo de fabricación, costo de operación financieros y otros.

A continuación se detalla los costos con sus respectivas definiciones.

## **6.2. VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LAS VARIABLES TÉCNICAS**

El objetivo de la valorización económica de las variables técnicas es el de presentar un sistema de formularios que permita la recopilación y sistematización de la información relevante de costos que puedan extraerse del estudio de ingeniería.

## **6.3. EVALUACIÓN DEL EQUIPO**

### **6.3.1. INVERSIÓN DEL EQUIPO**

Es el recurso de capital disponible que se propone para el inicio de la ejecución del proyecto, que debe ajustarse con el presupuesto previamente determinado.

Se da en fases que van desde los estudios definitivos del proyecto y termina con la puesta en marcha.

#### **6.3.1.1. Financiamiento**

Es el conjunto de acciones, trámites y demás actividades destinadas a la obtención de los fondos necesarios para financiar a la inversión. Por lo general se refiere a la obtención de créditos.

#### **6.3.1.2. Estudios Definitivos**

También se lo denomina estudio de ingeniería, y es el conjunto de estudios detallados para la construcción, montaje y puesta en marcha.

#### **6.3.1.3. Ejecución y Montaje**

Esta etapa consiste en llevar a ejecución o a la realidad el proyecto, el que hasta antes de ella, solo eran planteamientos teóricos.

#### **6.3.1.4. Puesta a Punto**

Consiste en el conjunto de actividades necesarias para determinar las deficiencias, defectos e imperfecciones de la instalación, de la infraestructura de producción, a fin de realizar las correcciones del caso y poner "a punto" la instalación, para el inicio de su producción normal.

Todos los costos que conllevan estas etapas se ven resumidos en la siguiente tabla:

**Tabla 6. 1** Inversión del Equipo ESAB CaB 300 S

ASUNTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD [u]	VALOR UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Equipo	CaB 300 S, ESAB	1	150.000,00	150.000,00

### 6.3.2. DEPRECIACIÓN<sup>20</sup>

Depreciación es la reducción en el valor de un activo. El monto de la depreciación anual no representa un flujo de efectivo real, ni refleja necesariamente el patrón del uso real del activo durante su posesión.

### 6.3.3. VALOR RESIDUAL

Es el monto neto que la empresa espera obtener de un activo al final de su vida útil, después de haber deducido los costos por disposición del activo.

**Tabla 6. 2** Depreciación y Valor Residual

ASUNTO	VIDA ÚTIL [años]	DEPRECIACIÓN AÑO 1 [USD]	DEPRECIACIÓN AÑO 2 [USD]	DEPRECIACIÓN AÑO 3 [USD]	DEPRECIACIÓN AÑO 4 [USD]	DEPRECIACIÓN AÑO 5 [USD]	VALOR RESIDUAL [USD]
Equipo	10	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	12.000,00

### 6.3.4. ACTIVOS

Es todo recurso:

- controlado por la empresa como resultado de sucesos pasados, y
- del que la empresa espera obtener en el futuro, beneficios económicos.

#### 6.3.4.1. Activos Intangibles<sup>21</sup>

Es un activo identificable, de carácter no monetario y sin apariencia física, que se posee para ser utilizado en la producción o suministro de bienes y servicios, para

<sup>20</sup> BLANK, L., TARQUIN, A.; 'Ingeniería Económica'; 4ta edición; McGraw-Hill; Colombia, 1999

<sup>21</sup> NEC 25, Activos Intangibles

ser arrendado a terceros o para funciones relacionadas con la administración de la entidad. Estos son los únicos activos que se amortizan en el tiempo.

**Tabla 6. 3** Activos Intangibles

ASUNTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD [USD]	VALOR UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Costo de producción	Costo de puesta en marcha (Know How)	1	15.000,00	15.000,00
Constitución	Gastos de organización (abogados, constitución)	1	4.000,00	4.000,00
Estudio de factibilidad	Plan de Negocio	1	8.000,00	8.000,00
Implementación	Mantenimiento	1	1.200,00	1.200,00
<b>Total Activo Intangible</b>		<b>4</b>	<b>28.200,00</b>	<b>28.200,00</b>

#### 6.3.4.2. Activos Tangibles

Tradicionalmente los activos tangibles (capital físico y financiero) constituían el activo máspreciado de las empresas.

Los activos tangibles se caracterizan por ser fácilmente identificables y catalogables; será pues su propia naturaleza la que les impedirá contribuir plenamente a la creación y sostenibilidad de la ventaja competitiva los activos tangibles se configuran como condiciones necesarias, aunque no suficientes, para conseguir el éxito competitivo, y por consiguiente la empresa no debe abandonar en ningún momento su atención. Sin embargo, es cierto que la posesión de activos físicos es fácilmente transmisible en el mercado y origina pocas ventajas competitivas sostenibles.

Estos son los activos que se deprecian en el tiempo.

**Tabla 6. 4** Activos Tangibles e Intangibles<sup>22</sup>

ACTIVOS TANGIBLES	ACTIVOS INTANGIBLES
Materias primas y stocks	Conocimiento del saber hacer (Know How)
Mobiliario	Relaciones con los clientes
Maquinaria	Procesos operativos
Terreno	Tecnología de la información y base de datos
Dinero	Habilidades y motivaciones de empleados

<sup>22</sup> <http://www.mitecnologico.com/Main/ActivosTangibles>



### 6.3.5. AMORTIZACIÓN<sup>23</sup>

Es la asignación sistemática del monto depreciable de un activo intangible entre los años de su vida útil estimada.

**Tabla 6. 5** Amortización de Activos Intangibles

ASUNTO	VIDA ÚTIL [años]	AMORTIZACIÓN AÑO 1 [USD]	AMORTIZACIÓN AÑO 2 [USD]	AMORTIZACIÓN AÑO 3 [USD]	AMORTIZACIÓN AÑO 4 [USD]	AMORTIZACIÓN AÑO 5 [USD]
Costo de producción	5	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Constitución	5	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
Estudio de factibilidad	5	1.600,00	1.600,00	1.600,00	1.600,00	1.600,00
Implementación	5	240,00	240,00	240,00	240,00	240,00
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>5.640,00</b>	<b>5.640,00</b>	<b>5.640,00</b>	<b>5.640,00</b>	<b>5.640,00</b>

La Ley de Régimen Tributario en el apartado al Impuesto sobre la Renta señala expresamente que serán deducibles de impuestos los cargos de depreciación y amortización en los porcentajes que la propia ley establece. Así se tiene que estos rubros se depreciaron por el método de línea recta, según los años de vida máximo autorizados, según el tipo de rubro. Para el caso particular de la empresa:

5 años para maquinaria.

10 años para mobiliario.

5 años para vehículos.

5 años para gastos pre-operativos: constitución, investigación, permisos, organización.

3 años para equipos de computación y equipos de oficina.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> <http://www.ecuadorcontable.com>

### 6.3.6. MANO DE OBRA

La mano de obra representa el costo de trabajo manual necesario para la operación y mantenimiento del equipo, estos se verán recargados debido a las leyes sociales. El análisis de costos se lo hizo de acuerdo al Registro Oficial, componentes salariales para mano de obra directa e indirecta.

**Tabla 6. 6** Mano de Obra y Salario

FUNCIÓN	CANTIDAD	SALARIO MENSUAL [USD]	SALARIO ANUAL [USD]
Supervisor	1	1.500,00	18.000,00
Operador de equipo	1	1.200,00	14.400,00
Ayudante	1	800,00	9.600,00
Compras	1	900,00	9.600,00
Ventas	1	900,00	9.600,00
Guardia	1	600,00	7.200,00

**Tabla 6. 7** Detalle Beneficios Sociales de Mano de Obra

FUNCIÓN	13° (Salario) [USD]	14° (264) [USD]	VACACIONES (1/2 Salario) [USD]	APORTACIÓN IESS 12,15% del Salario [USD]	APORTACIÓN PERSONAL IESS 9,35% DEL Salario [USD]	TOTAL POR EMPLEADO [USD]	FONDOS DE RESERVA [USD]
Supervisor	1.500,00	264,00	750,00	182,25	140,25	20.836,50	1.500,00
Operador de equipo	1.200,00	264,00	600,00	145,80	112,20	16.722,00	1.200,00
Ayudante	800,00	264,00	400,00	97,20	74,80	11.236,00	800,00
Compras	800,00	264,00	400,00	97,20	74,80	11.236,00	800,00
Ventas	800,00	264,00	400,00	97,20	74,80	11.236,00	800,00
Guardia	600,00	264,00	300,00	72,90	56,10	8.493,00	600,00

<sup>24</sup> Miranda K., Lema S., Freire A.; "PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE UNA BEBIDA ENERGIZANTE NATURAL ELABORADA A BASE DE PITAHAYA"; Tesis previa a la obtención del título en Gestión Empresarial; ESPOL; Ecuador; 2009

Tabla 6. 8 Detalle Mano de Obra Anual

ÁREA	FUNCIÓN	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Planta ASME	Supervisor (2)	86.346,00	86.346,00	86.346,00	86.346,00	86.346,00
	Operador de equipo (2)	69.288,00	69.288,00	69.288,00	69.288,00	69.288,00
	Ayudante (2)	46.544,00	46.544,00	46.544,00	46.544,00	46.544,00
Administración	Compras (2)	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00
	Ventas (2)	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00
Seguridad	Guardia (2)	35.172,00	35.172,00	35.172,00	35.172,00	35.172,00

Tabla 6. 9 Mano de Obra Directa e Indirecta

REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA DIRECTA					
FUNCIÓN	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Supervisor (2)	86.346,00	86.346,00	86.346,00	86.346,00	86.346,00
Operador de equipo (2)	69.288,00	69.288,00	69.288,00	69.288,00	69.288,00
Ayudante (2)	46.544,00	46.544,00	46.544,00	46.544,00	46.544,00
REQUERIMIENTO DE MANO DE OBRA INDIRECTA					
FUNCIÓN	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Compras (2)	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00
Ventas (2)	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00	52.230,00
Guardia (2)	35.172,00	35.172,00	35.172,00	35.172,00	35.172,00
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>341.810,00</b>	<b>341.810,00</b>	<b>341.810,00</b>	<b>341.810,00</b>	<b>341.810,00</b>

### 6.3.7. COSTOS FIJOS Y VARIABLES

#### 6.3.7.1. Costos Fijos

Son los que permanecen constantes dentro de un periodo determinado sin importar si cambia la actividad o la función.

Tabla 6. 10 Detalle de Costos Fijos Mensuales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO [USD]	VALOR MENSUAL [USD]
Energía eléctrica	2480,026	K W h	0,10	253,21
Pólizas de seguro privado	6	u	250,00	1.500,00
Marketing (anuncio servicio pág. Web)	1	u	350,00	350,00
<b>TOTAL</b>			<b>250,10</b>	<b>1.753,21</b>

**Tabla 6. 11** Costos Fijos Anuales

DESCRIPCIÓN	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Energía eléctrica	3.038,53	3.220,84	3.414,09	3.618,93	3.836,07
Pólizas de seguro privado	18.000,00	19.080,00	20.224,80	21.438,29	22.724,59
Marketing (anuncio servicio pág. Web)	4.200,00	4.452,00	4.719,12	5.002,27	5.302,40
<b>TOTAL</b>	<b>20.921,66</b>	<b>22.176,96</b>	<b>23.507,58</b>	<b>24.918,03</b>	<b>26.413,11</b>

### 6.3.7.1.1. Costo Energía Eléctrica

El costo de energía eléctrica se obtiene a partir de la siguiente fórmula.

$$kWh = \frac{\text{Voltaje [V]} \times \text{Amperaje [A]} \times \text{Factor de potencia} \times \text{Tiempo [h]}}{1000} \quad (6.1)^{25}$$

Los valores de Voltaje, Amperaje y el tiempo se obtienen del Anexo 14, el cual muestra los datos de fabricación de las 22 columnas en un periodo de 25 días con 9 horas de trabajo al día.

$$kWh = \frac{25.6 [V] \times 450 [A] \times 92 [\%] \times 9 [h/día] \times 25 [día]}{1000}$$

$$kWh = 2384.64 [kWh]$$

### 6.3.7.2. Costos Variables

Son los que cambian en función directa de la actividad.

**Tabla 6. 12** Detalle de Costos Variables Mensuales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO [USD]	VALOR MENSUAL [USD]
Acero	25515,6	kg	1,25	31.894,50
Electrodo	350	kg	2,03	710,50
Fundente	350	kg	2,11	738,50
<b>TOTAL</b>			<b>5,39</b>	<b>33.343,50</b>

<sup>25</sup> INDURA; Manual de Soldadura

**Tabla 6. 13** Costos Variables Anuales

DESCRIPCIÓN	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Acero	31.894,50	33.808,17	35.836,66	37.986,86	40.266,07
Electrodo	710,50	753,13	798,32	846,22	896,99
Fundente	738,50	782,81	829,78	879,57	932,34
<b>TOTAL</b>	<b>34.378,50</b>	<b>36.441,21</b>	<b>38.627,68</b>	<b>40.945,34</b>	<b>43.402,06</b>

### 6.3.8. INGRESOS POR VENTAS

El ingreso por ventas es tomado a partir del volumen de producción de acero en un periodo mensual, para este caso es el total de acero procesado en columnas. Los pesos y especificación de material necesario para una columna se encuentran en detalle en las Tablas 4.10 y 4.11 Cantidad de material para columnas.

**Tabla 6. 14** Ingreso por Ventas Anuales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD [kg]	PRECIO [USD]	VALOR MENSUAL [USD]	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Acero producido	25515,6	2,51	64.044,16	768.529,87	8143641,66	863.520,16	915.331,37	970.251,26
<b>TOTAL</b>				768.529,87	814.641,66	863.520,16	915.331,37	970.251,26

### 6.3.9. INVERSIONES

El detalle de inversión total que es necesario para llevar a cabo el proyecto de implantación del equipo de soldadura por arco sumergido CaB 300 S.

Tabla 6. 15 Inversiones

RUBRO	VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN [USD]	AÑO 0 [USD]	ANÁLISIS PORCENTUAL DE INVERSIÓN	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	TOTAL [USD]
Total de equipo	150.000,00	150.000,00	26,1%	CFN	150.000,00
Total de activo intangible	28.200,00	28.200,00	4,9%	propio	28.200,00
Capital de trabajo (mano de obra + costos activos fijos)	396.192,03	396.192,03	69,0%	propio	396.192,03
<b>TOTAL DE INVERSIONES</b>	<b>274.392,03</b>	<b>574.392,03</b>	<b>100,00%</b>		<b>574.392,03</b>

### 6.3.10. AMORTIZACIÓN DE CRÉDITO

Es la asignación sistemática del crédito depreciable tomándolo en cuenta como un activo intangible entre los años de financiamiento de crédito.

Tabla 6. 16 Crédito y Tasa de Interés

Año de crédito	Valor crédito [USD]	Tasa [%]
5	150.000,00	12

Tabla 6. 17 Cuotas Anuales de Crédito

AÑO	SALDO INICIAL [USD]	CUOTA [USD]	CAPITAL [USD]	INTERÉS [USD]	SALDO FINAL [USD]
1	150.000,00	48.000,00	30.000,00	18.000,00	102.000,00
2	102.000,00	42.240,00	30.000,00	12.240,00	59.760,00
3	59.760,00	37.171,20	30.000,00	7.171,20	22.588,80
4	22.588,80	32.710,66	30.000,00	2.710,66	0,00
5	0,00	30.000,00	30.000,00	0,00	0,00

### 6.3.11. SÍNTESIS DE COSTOS FIJOS Y VARIABLES

La siguiente tabla muestra en detalle el proceso de adición de costos fijos y variables para finalmente obtener el costo total libre de amortización y depreciación.

Tabla 6. 18 Tabla de Costos Fijos y Variables

<b>COSTO FIJO</b>	<b>AÑO 1 [USD]</b>	<b>AÑO 2 [USD]</b>	<b>AÑO 3 [USD]</b>	<b>AÑO 4 [USD]</b>	<b>AÑO 5 [USD]</b>
Mano de obra	341.810,00	341.810,00	341.810,00	341.810,00	341.810,00
Depreciaciones	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00
Amortizaciones activos intangibles	5.640,00	5.640,00	5.640,00	5.640,00	5.640,00
Costo administrativo	21.038,53	22.300,84	23.638,89	25.057,22	26.560,66
Costo de venta (marketing)	4.200,00	4.452,00	4.719,12	5.002,27	5.302,40
Costo financiero	18.000,00	12.240,00	7.171,20	2.710,66	0,00
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>405.688,53</b>	<b>401.442,84</b>	<b>397.979,21</b>	<b>395.220,15</b>	<b>394.313,06</b>
<b>COSTO VARIABLE</b>	<b>AÑO 1 [USD]</b>	<b>AÑO 2 [USD]</b>	<b>AÑO 3 [USD]</b>	<b>AÑO 4 [USD]</b>	<b>AÑO 5 [USD]</b>
Costo de producción	33.343,50	35.344,11	37.464,76	39.712,64	42.095,40
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>33.343,50</b>	<b>35.344,11</b>	<b>37.464,76</b>	<b>39.712,64</b>	<b>42.095,40</b>
<b>TOTAL COSTOS FIJOS Y VARIABLES</b>	<b>439.032,03</b>	<b>436.786,95</b>	<b>435.443,97</b>	<b>434.932,79</b>	<b>436.408,46</b>
<b>TOTAL DE COSTOS</b>	<b>AÑO 1 [USD]</b>	<b>AÑO 2 [USD]</b>	<b>AÑO 3 [USD]</b>	<b>AÑO 4 [USD]</b>	<b>AÑO 5 [USD]</b>
Costo de producción	33.343,50	35.344,11	37.464,76	39.712,64	42.095,40
Costo administrativo	362.848,53	364.110,84	365.448,89	366.867,22	368.370,66
Costo de ventas	4.200,00	4.452,00	4.719,12	5.002,27	5.302,40
Costo financiero	18.000,00	12.240,00	7.171,20	2.710,66	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>418.392,03</b>	<b>416.146,95</b>	<b>414.803,97</b>	<b>414.292,79</b>	<b>415.768,46</b>

### 6.3.12. ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

La tabla que a continuación se muestra indica utilidad neta de producción evaluada en 5 años, periodo en el que se estima la cancelación total del crédito.

Tabla 6. 19 Utilidad Neta

	<b>AÑO 1 [USD]</b>	<b>AÑO 2 [USD]</b>	<b>AÑO 3 [USD]</b>	<b>AÑO 4 [USD]</b>	<b>AÑO 5 [USD]</b>
Ventas	768.529,87	814.641,66	863.520,16	915.331,37	970.251,26
Costos de producción	33.343,50	35.344,11	37.464,76	39.712,64	42.095,40
<b>UTILIDAD BRUTA EN VENTAS</b>	<b>735.186,37</b>	<b>779.297,55</b>	<b>826.055,41</b>	<b>875.618,73</b>	<b>928.155,86</b>
Gasto de ventas	4.200,00	4.452,00	4.719,12	5.002,27	5.302,40
<b>UTILIDAD NETA EN VENTAS</b>	<b>730.986,37</b>	<b>774.845,55</b>	<b>821.336,29</b>	<b>870.616,46</b>	<b>922.853,45</b>
Gastos administrativos	362.848,53	364.110,84	365.448,89	366.867,22	368.370,66
<b>UTILIDAD EN OPERACIÓN</b>	<b>368.137,84</b>	<b>410.734,72</b>	<b>455.887,40</b>	<b>503.749,24</b>	<b>554.482,80</b>
Gastos financieros	18.000,00	12.240,00	7.171,20	2.710,66	0,00
<b>UTILIDAD ANTES DE</b>	<b>350.137,84</b>	<b>398.494,72</b>	<b>448.716,20</b>	<b>501.038,59</b>	<b>554.482,80</b>

<b>IMPUESTOS Y PARTICIPANTES</b>					
15% participaciones	52.520,68	59.774,21	67.307,43	75.155,79	83.172,42
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	297.617,17	338.720,51	381.408,77	425.882,80	471.310,38
25% impuesto a la renta	74.404,29	84.680,13	95.352,19	106.470,70	117.827,59
<b>UTILIDAD NETA</b>	223.212,88	254.040,38	286.056,58	319.412,10	353.482,78

### 6.3.13. FUENTES Y USOS

Tabla 6. 20 Fuentes

FUENTES	AÑO 0 [USD]	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Ventas	0,00	768.529,87	814.641,66	863.520,16	915.331,37	970.251,26
Inversionista (capital de trabajo)	396.192,03					
Inversionista (activo intangible)	28.200,00					
Crédito	150.000,00					
Saldo año anterior	0,00		157.638,82	345.011,36	563.154,26	813.256,09
<b>TOTAL FUENTES</b>	574.392,03	768.529,87	972.280,49	1.208.531,52	1.478.485,64	1.783.507,35

Tabla 6. 21 Usos

USOS	AÑO 0 [USD]	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
Total equipos, muebles, vehículos, mobiliario	150.000,00					
Total activo intangible	28.200,00					
Capital de trabajo	396.192,03					
Total inversión	0,00					
Otros activos	0,00					
Activo corriente		56.214,05	57.307,85	58.553,67	59.950,27	61.598,80
Costo de producción		33.343,50	35.344,11	37.464,76	39.712,64	42.095,40
Gasto de ventas		4.200,00	4.452,00	4.719,12	5.002,27	5.302,40
Gasto de administración		362.848,53	364.110,84	365.448,89	\$ 6.867,22	68.370,66
Gastos financieros		18.000,00	12.240,00	7.171,20	2.710,66	0,00
15% participaciones		52.520,68	59.774,21	67.307,43	75.155,79	83.172,42
25% impuesto a la renta		74.404,29	84.680,13	95.352,19	106.470,70	117.827,59
(-)depreciaciones y amortizaciones		20.640,00	20.640,00	20.640,00	20.640,00	20.640,00
<b>TOTAL USOS</b>	574.392,03	580.891,05	597.269,13	615.377,26	635.229,55	657.727,27



	AÑO 0 [USD]	AÑO 1 [USD]	AÑO 2 [USD]	AÑO 3 [USD]	AÑO 4 [USD]	AÑO 5 [USD]
<b>FLUJO DE CAJA FUENTES Y USOS</b>	0,00	187.638,82	375.011,36	593.154,26	843.256,09	1.125.780,08
Servicio de la deuda		30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00	30.000,00
Dividendos						
Saldo		157.638,82	345.011,36	563.154,26	813.256,09	1.095.780,08
Índice de cobertura de deuda		6,25	12,50	19,77	28,11	37,53
Periodo de recuperación de la inversión		187.638,82	375.011,36	593.154,26	843.256,09	1.125.780,08

Una vez obtenido el flujo de caja neto anual en un período de cinco años es posible llevar a cabo una evaluación económica del proyecto o compra de equipo, y así cumplir con uno de los objetivos del presente proyecto de titulación.

#### **6.4. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN<sup>26</sup>**

El diseño (numerales anteriores) y la evaluación (actual) de proyectos, dentro del área de “pre inversión”, son instrumentos que te permiten afrontar en forma eficiente la incertidumbre inherente a la acción de invertir e involucra el análisis y previsión de las expectativas futuras que formarán el entorno de la nueva unidad productiva.

Dentro de la pre-factibilidad, en términos más precisos, la evaluación permitirá determinar, ex ante, con un menor riesgo que cuando el proyecto era una idea o un perfil, los resultados que se piensan obtener de determinada decisión de invertir permitiendo además la posibilidad de priorizar la utilización de los recursos.

En este subcapítulo analizaremos el proyecto en general en base a los flujos generados, analizando indicadores relevantes tales como la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) para analizar la viabilidad económica.

<sup>26</sup> <http://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>

### 6.4.1. Criterio del Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero; maximizar la inversión. El Valor Presente Neto permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de las Empresas o Compañías.

Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significará que el valor de la firma tendrá un incremento equivalente al monto del Valor Presente Neto. Si es negativo quiere decir que la firma reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor.

Es importante tener en cuenta que el valor del Valor Presente Neto depende de las siguientes variables:

- La inversión inicial previa,
- Las inversiones durante la operación,
- Los flujos netos de efectivo (flujo de casa),
- La tasa de descuento (costo de oportunidad del dinero); y,
- El número de periodos que dure tu proyecto.

#### Condición: VAN positivo

**Tabla 6. 22** Valores de Inicio para Evaluación del Proyecto

Tasa [%]	12
Valor residual [USD]	12.000,00
Capital de trabajo neto acumulado [USD]	97.874,88

La tasa es el valor dado por el ministerio de productividad, que su vez enmarca la tasa de interés de prestación del crédito incluyendo la tasa de inflación.

El valor residual tiene que ver con un valor de venta del equipo en pleno uso al cabo de cinco años.

En la siguiente tabla se muestra el valor presente neto del flujo de caja neto, en otras palabras se obtiene el valor actual neto.

A partir de la ecuación 6.2 se obtiene el valor presente o actual de cada uno de los valores que aparecen en el flujo de caja.

$$VA = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (6.2)$$

Donde:

VA: valor actual o presente

VF: Valor futuro

*i*: Tasa de interés propuesta

*n*: Periodo para el cual se evalúa el mencionado valor futuro

**Tabla 6. 23** Valores Presente de Flujo de Caja

PERIODO	FLUJO DE CAJA [USD]	VALOR DE CAJA+ VALOR RESIDUAL +	
		CTN ACUMULADO [USD]	VALOR PRESENTE [USD]
0	- 574.392,03	- 574.392,03	- 574.392,03
1	187.638,82	187.638,82	167.534,66
2	375.011,36	375.011,36	298.956,76
3	593.154,26	593.154,26	422.195,49
4	843.256,09	843.256,09	535.904,49
5	1125.780,08	1235.654,96	701.143,81
			<b>1551.343,18</b>
			<b>TOTAL (VAN)</b>

El valor del VAN calculado en la tabla anterior es fácilmente comprobable con la aplicación de la fórmula financiera de Excel "VNA" para los valores de caja más residual y el capital neto acumulado; para luego finalmente sumar el valor de inversión que se da en el periodo cero.

#### 6.4.2. Criterio de la Tasa Interna de Retorno

Generalmente conocido por su acrónimo TIR, es el tipo de descuento que hace que el VAN (valor actual o presente neto) sea igual a cero, es decir, el tipo de

descuento que iguala el valor actual de los flujos de entrada (positivos) con el flujo de salida inicial y otros flujos negativos actualizados en el proyecto de inversión.

En el análisis de inversiones, para que tu proyecto se considere rentable, su TIR debe ser superior al costo del capital empleado o al costo de oportunidad del mismo. Por ejemplo si el banco me paga una tasa del 10% por una inversión a un plazo de 90 días, quizás tu negocio debería (considerando el riesgo) darte un retorno del 15%. El retorno depende del costo de oportunidad del dinero, en cada caso esto es específico al inversionista.

### **Condición: TIR: Tasa interna de retorno (TIR) superior a la tasa de descuento**

En síntesis la tasa interna de retorno es un valor que se obtiene del valor actual neto igualado a cero sin incluir la tasa de descuento en cada uno de los valores futuros que se presenta en el flujo de caja neto. Para calcular este valor es de gran ayuda la utilización de la fórmula financiera de Excel, tomando como referencia los valores para los valores de caja más residual y el capital neto acumulado de todo los periodos.

**Tabla 6. 24** Tasa Interna de Retorno

PERIODO	FLUJO DE CAJA [USD]	VALOR DE CAJA+ VALOR RESIDUAL + CTN ACUMULADO [USD]
0	- 574.392,03	- 574.392,03
1	187.638,82	187.638,82
2	375.011,36	375.011,36
3	593.154,26	593.154,26
4	843.256,09	843.256,09
5	1125.780,08	1235.654,96
	<b>TIR</b>	<b>67 %</b>

De lo anterior se tiene que la tasa interna de retorno es ampliamente mayor que la tasa de interés para la cual se calculó los flujos de caja, y a su vez esto es respaldada por el criterio técnico de aplicabilidad del equipo para los fines en discusión del presente proyecto de titulación sin dejar de lado las bondades del proceso de soldadura por arco sumergido.

### 6.4.3. Retorno de Inversión<sup>27</sup>

El análisis de recuperación es una extensión del valor presente. El periodo de recuperación  $n_p$  es el tiempo estimado, en años, que tomara para los ingresos estimados y otros beneficios económicos recuperar la inversión inicial y una tasa de rendimiento establecida. El valor de  $n_p$  generalmente no es un entero; es importante recordar lo siguiente:

El periodo de recuperación  $n_p$  nunca debería utilizarse como la medida primaria de valor para seleccionar una alternativa. En su lugar, se determinaría para ofrecer depuración inicial o información complementaria junto a un análisis como el Valor Presente Neto.

Para encontrar el periodo el periodo de recuperación descontando a una tasa establecida de  $i > 0\%$ , los años  $n_p$  que cumplan correctamente la siguiente expresión.

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} FEN_t \left( \frac{P}{F}, i, t \right) \quad (6.3)$$

La cantidad  $P$  es la inversión inicial, y  $FEN$  ( $FEN = \text{ingresos} - \text{desembolsos}$ ) es el flujo de efectivo neto estimado por cada año  $t$ .

Este valor de  $n_p$  sirve tan solo como un indicador inicial de que la proposición es una alternativa viable y que merece una evaluación económica completa.

$$574.392,03 = \frac{167.534,66}{(1 + 0.12)^t} + \frac{298.956,76}{(1 + 0.12)^t} + \frac{422.195,49}{(1 + 0.12)^t} + \frac{535.904,49}{(1 + 0.12)^t} + \frac{701.143,81}{(1 + 0.12)^t}$$

Luego en  $t=3.95$  [años] se espera la recuperación del valor de la inversión.

$$574.392,03 = \frac{167.534,66}{(1 + 0.12)^1} + \frac{298.956,76}{(1 + 0.12)^2} + \frac{422.195,49}{(1 + 0.12)^3} + \frac{535.904,49}{(1 + 0.12)^4} + \frac{701.143,81}{(1 + 0.12)^{4.2}}$$

$$574.392,03 = 574.392,03$$

<sup>27</sup> BLANK, L., TARQUIN, A.; 'Ingeniería Económica'; 4ta edición; McGraw-Hill; Colombia, 1999

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1. CONCLUSIONES

- Los códigos, normas y especificaciones delimitan los criterios que se siguen antes, durante y después para un proceso de soldadura, con el fin de garantizar que los productos satisfagan y reúnan estándares de calidad.
- Se puede concluir que la aplicación del Código ASME Sección IX en la fabricación de elementos estructurales; es de mejor aplicación por cuanto, es más estricto en comparación con el AWS D1.1.
- El óptimo uso de consumibles como electrodo, fundente y la alta tasa de aportación de soldadura, propios del proceso de soldadura por arco sumergido, muestran una viabilidad técnica.
- El indicador económico TIR para el equipo de soldadura por arco sumergido muestra una rentabilidad amplia frente a la tasa de interés.
- El tiempo de recuperación de la inversión muestra una viabilidad de la compra del equipo, ya que es menor al periodo de evaluación económica del proyecto.
- Se concluye que la implementación del proyecto en discusión es viable tanto económica como técnicamente.
- Es importante mantener personal de soldadura calificado y capacitado, lo cual conduce a alcanzar rendimientos previstos; y, resolver problemas técnicos del proceso de soldadura.
- Una eficiente operación del equipo, es sin duda conducida por un personal calificado y capacitado.
- La elevada Tasa Interna de Retorno, TIR; numéricamente muestra una elevada viabilidad económica, lo cual implica un supuesto de producción ininterrumpida por el periodo evaluado.
- Es primordial mantener un volumen de producción constante anual, para conservar la viabilidad económica del proyecto.

- El factor de rendimiento encierra conceptos como calificación y capacitación de soldadores, transporte, cantidad y calidad de equipos, etc.; lo cual es propio y distinto para cada empresa o compañía.
- El factor de rendimiento es inversamente proporcional con el costo de fabricación; es decir un alto factor de rendimiento implica un bajo costo de fabricación y viceversa.
- Los datos validados para llevar a cabo la realización del presente proyecto de titulación, son los que se obtuvieron a partir de la calificación de procedimiento y operador de soldadura; de la misma manera que los datos obtenidos durante la fabricación de las veinte y dos columnas. Por lo que los valores unitarios varían en función del volumen de producción.
- Es importante mencionar que el factor de rendimiento y como consecuencia los valores unitarios varían en función del volumen de producción de la compañía.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

- Es prudente revisar detenidamente el Código ASME IX; antes de realizar cualquier prueba de calificación de procedimiento, de soldador u operador de soldadura; ya que este código impone restricciones a los procedimientos y calificaciones en procesos de soldadura por separado.
- Al realizar una calificación de procedimiento y desempeño de soldador u operador bajo el Código ASME IX; es necesario tener muy en cuenta las variables esenciales, esenciales suplementarias y no esenciales que se manejan por separado de acuerdo al proceso de soldadura que se aplique.
- Un fundente activo no se recomienda para cuando la unión de soldadura comprenda más de un pase, ya que ocurrirá una excesiva acumulación de Si y Mn resultando en soldaduras vulnerables a las grietas y fracturas.
- Se recomienda tener en cuenta que el proceso de soldadura por arco sumergido presenta una mayor zona afectada por el calor, tomando muy en cuenta variables de operación como la velocidad de soldadura, rendimiento térmico, tasa de aportación, etc.
- El factor de rendimiento encierra conceptos como calificación y capacitación de soldadores, transporte, cantidad y uso de equipos, etc.; por lo que se recomienda hacer constantes estudios de dichos factores.

- Se recomienda realizar un programa de mantenimiento correctivo y preventivo; para así no interferir con la producción planificado de algún determinado proyecto.
- Toda la zona de operación del equipo de soldadura y en especial el puesto del operador del equipo de soldadura debe mantenerse limpio y en orden.
- Es importante mantener al personal en constante capacitación, de modo que el factor de rendimiento de forma institucional este en mejora continua.



## ANEXOS

**ANEXO 1 GRUPOS DE METALES BASE PARA  
CALIFICACIÓN**

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS  
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Ferrous										Product Form	
				Welding		Brazing		Nominal Composition	P- No.	S- No.	Group No.	S- No.			
				P- No.	Group No.	P- No.	S- No.								
SA-36	...	K02600	58 (400)	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si	101	...	...	...	Plate, bar & shapes
SA-53	Type F	...	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Furnace welded pipe
SA-53	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Smls. pipe
SA-53	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Resistance welded pipe
SA-53	Type E, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn	101	...	...	...	Resistance welded pipe
SA-53	Type S, Gr. B	K03005	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn	101	...	...	...	Smls. pipe
SA-105	...	K03504	70 (485)	1	2	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Flanges & fittings
SA-106	A	K02501	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C-Si	101	...	...	...	Smls. pipe
SA-106	B	K03006	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C-Mn-Si	101	...	...	...	Smls. pipe
SA-106	C	K03501	70 (485)	1	2	...	...	101	...	C-Mn-Si	101	...	...	...	Smls. pipe
A 108	1015 CW	G10150	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Bar
A 108	1018 CW	G10180	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Bar
A 108	1020 CW	G10200	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Bar
A 108	8620 CW	G86200	90 (620)	...	...	3	3	...	102	0.5Ni-0.5Cr-Mo	102	...	...	...	Bar
SA-134	SA283 Gr. A	...	45 (310)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA283 Gr. B	...	50 (345)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA283 Gr. C	K02401	55 (380)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA283 Gr. D	K02702	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA285 Gr. A	K01700	45 (310)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA285 Gr. B	K02200	50 (345)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-134	SA285 Gr. C	K02801	55 (380)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	Welded pipe
SA-135	A	...	48 (330)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	E.R.W. pipe
SA-135	B	...	60 (415)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	E.R.W. pipe
A 139	A	...	48 (330)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Welded pipe
A 139	B	K03003	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Welded pipe
A 139	C	K03004	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Welded pipe
A 139	D	K03010	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Welded pipe
A 139	E	K03012	66 (455)	...	...	1	1	...	101	C	101	...	...	...	Welded pipe
A 148	90-60	...	90 (620)	...	...	4	3	...	103	...	103	...	...	...	Castings
A 167	Type 302B	S30215	75 (515)	...	...	8	1	...	102	18Cr-8Ni-2Si	102	...	...	...	Plate, sheet & strip
A 167	Type 308	S30800	75 (515)	...	...	8	2	...	102	20Cr-10Ni	102	...	...	...	Plate, sheet & strip
A 167	Type 309	S30900	75 (515)	...	...	8	2	...	102	23Cr-12Ni	102	...	...	...	Plate, sheet & strip
A 167	Type 310	S31000	75 (515)	...	...	8	2	...	102	25Cr-20Ni	102	...	...	...	Plate, sheet & strip
SA-178	A	K01200	47 (325)	1	1	...	...	101	...	C	101	...	...	...	E.R.W. tube

QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)  
Grouping of Base Metals for Qualification

Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Ferrous (CONT'D)										Product Form
				Welding		Brazing		Nominal Composition	P- No.	S- No.	Group No.	P- No.	S- No.	
				P- No.	S- No.	P- No.	S- No.							
A 514	P	K21650	110 (760)	...	...	11B	8	...	102	1.25Ni-1Cr-0.5Mo	101	102	Plate, 2 1/2 in. (64 mm) max.	
A 514	Q	...	100 (690)	...	...	11B	9	...	102	1.3Ni-1.3Cr-0.5Mo-V	101	102	Plate > 2 1/2 in.-6 in. (64 mm-152 mm), incl.	
A 514	Q	...	110 (760)	...	...	11B	9	...	102	1.3Ni-1.3Cr-0.5Mo-V	101	102	Plate, 2 1/2 in. (64 mm) max.	
SA-515	60	K02401	60 (415)	1	1	...	...	...	101	C	...	...	Plate	
SA-515	65	K02800	65 (450)	1	1	...	...	...	101	C-Si	...	...	Plate	
SA-515	70	K03101	70 (485)	1	2	...	...	...	101	C-Si	...	...	Plate	
SA-516	55	K01800	55 (380)	1	1	...	...	...	101	C-Si	...	...	Plate	
SA-516	60	K02100	60 (415)	1	1	...	...	...	101	C-Mn-Si	...	...	Plate	
SA-516	65	K02403	65 (450)	1	1	...	...	...	101	C-Mn-Si	...	...	Plate	
SA-516	70	K02700	70 (485)	1	2	...	...	...	101	C-Mn-Si	...	...	Plate	
SA-517	F	K11576	115 (795)	11B	3	...	...	...	101	0.75Ni-0.5Cr-0.5Mo-V	...	...	Plate ≤ 2 1/2 in. (64 mm)	
SA-517	J	K11625	115 (795)	11B	6	...	...	...	101	C-0.5Mo	...	...	Plate ≤ 1 1/4 in. (32 mm)	
SA-517	B	K11630	115 (795)	11B	4	...	...	...	101	0.5Cr-0.2Mo-V	...	...	Plate ≤ 1 1/4 in. (32 mm)	
SA-517	A	K11856	115 (795)	11B	1	...	...	...	101	0.5Cr-0.25Mo-Si	...	...	Plate ≤ 1 1/4 in. (32 mm)	
SA-517	E	K21604	105 (725)	11B	2	...	...	...	102	1.75Cr-0.5Mo-Cu	...	...	Plate > 2 1/2 in.-6 in. (64 mm-152 mm)	
SA-517	E	K21604	115 (795)	11B	2	...	...	...	102	1.75Cr-0.5Mo-Cu	...	...	Plate ≤ 2 1/2 in. (64 mm)	
SA-517	P	K21650	105 (725)	11B	8	...	...	...	102	1.25Ni-1Cr-0.5Mo	...	...	Plate > 2 1/2-4 in. (64-102 mm)	
SA-517	P	K21650	115 (795)	11B	8	...	...	...	102	1.25Ni-1Cr-0.5Mo	...	...	Plate ≤ 2 1/2 in. (64 mm)	
A 519	1018 HR	G10180	50 (345)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1018 CW	G10180	70 (485)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1020 HR	G10200	50 (345)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1020 CW	G10200	70 (485)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1022 HR	G10220	50 (345)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1022 CW	G10220	70 (485)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1025 HR	G10250	55 (380)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1025 CW	G10250	75 (515)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1026 HR	G10260	55 (380)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Tube	
A 519	1026 CW	G10260	75 (515)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Tube	
A 521	Cl. CC	...	60 (415)	...	...	1	1	...	101	C	...	...	Forgings	
A 521	Cl. CE	...	75 (515)	...	...	1	2	...	101	C	...	...	Forgings	
SA-522	Type II	K71340	100 (690)	11A	1	...	...	...	101	8Ni	...	...	Forgings	
SA-522	Type I	K81340	100 (690)	11A	1	...	...	...	101	9Ni	...	...	Forgings	
SA-524	II	K02104	55 (380)	1	1	...	...	...	101	C-Mn-Si	...	...	Smls. pipe	
SA-524	I	K02104	60 (415)	1	1	...	...	...	101	C-Mn-Si	...	...	Smls. pipe	

**ANEXO 2 GRUPOS DE ELECTRODOS Y VARILLAS DE  
SOLDADURA PARA CALIFICACIÓN**

2007 SECTION IX

QW-432  
F-NUMBERS

07

Grouping of Electrodes and Welding Rods for Qualification

F-No.	ASME Specification	AWS Classification	UNS No.
Steel and Steel Alloys			
1	SFA-5.1	EXX20	...
1	SFA-5.1	EXX22	...
1	SFA-5.1	EXX24	...
1	SFA-5.1	EXX27	...
1	SFA-5.1	EXX28	...
1	SFA-5.4	EXXX(X)-26	...
1	SFA-5.5	EXX20-X	...
1	SFA-5.5	EXX27-X	...
2	SFA-5.1	EXX12	...
2	SFA-5.1	EXX13	...
2	SFA-5.1	EXX14	...
2	SFA-5.1	EXX19	...
2	SFA-5.5	E(X)XX13-X	...
3	SFA-5.1	EXX10	...
3	SFA-5.1	EXX11	...
3	SFA-5.5	E(X)XX10-X	...
3	SFA-5.5	E(X)XX11-X	...
4	SFA-5.1	EXX15	...
4	SFA-5.1	EXX16	...
4	SFA-5.1	EXX18	...
4	SFA-5.1	EXX18M	...
4	SFA-5.1	EXX48	...
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-15	...
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-16	...
4	SFA-5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-17	...
4	SFA-5.5	E(X)XX15-X	...
4	SFA-5.5	E(X)XX16-X	...
4	SFA-5.5	E(X)XX18-X	...
4	SFA-5.5	E(X)XX18M	...
4	SFA-5.5	E(X)XX18M1	...
4	SFA-5.5	E(X)XX45	...
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-15	...
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-16	...
5	SFA-5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-17	...
6	SFA-5.2	All classifications	...
6	SFA-5.9	All classifications	...
6	SFA-5.17	All classifications	...
6	SFA-5.18	All classifications	...
6	SFA-5.20	All classifications	...
6	SFA-5.22	All classifications	...
6	SFA-5.23	All classifications	...
6	SFA-5.25	All classifications	...
6	SFA-5.26	All classifications	...
6	SFA-5.28	All classifications	...
6	SFA-5.29	All classifications	...
6	SFA-5.30	INMs-X	...
6	SFA-5.30	IN5XX	...
6	SFA-5.30	IN3XX(X)	...

**ANEXO 3 LÍMITES DE ESPESORES Y ENSAYOS DE  
PROBETAS PARA CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO**

**QW-450 SPECIMENS**  
**QW-451 Procedure Qualification Thickness Limits and Test Specimens**

**QW-451.1**

**GROOVE-WELD TENSION TESTS AND TRANSVERSE-BEND TESTS**

Thickness <i>T</i> of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness <i>T</i> of Base Metal, Qualified, in. (mm)		Maximum Thickness <i>t</i> of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm)	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension, QW-150	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than $\frac{1}{16}$ (1.5)	<i>T</i>	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	...	2	2
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{8}$ (1.5 to 10), incl.	$\frac{1}{16}$ (1.5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	Note (5)	2	2
Over $\frac{3}{8}$ (10), but less than $\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{16}$ (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i>	2	Note (5)	2	2
$\frac{3}{4}$ (19) to less than 1½ (38)	$\frac{3}{16}$ (5)	2 <i>T</i>	2 <i>t</i> when <i>t</i> < $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
$\frac{3}{4}$ (19) to less than 1½ (38)	$\frac{3}{16}$ (5)	2 <i>T</i>	2 <i>T</i> when <i>t</i> ≥ $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1½ (38) to 6 (150), incl.	$\frac{3}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	2 <i>t</i> when <i>t</i> < $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
1½ (38) to 6 (150), incl.	$\frac{3}{16}$ (5)	8 (200) [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when <i>t</i> ≥ $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150)	$\frac{3}{16}$ (5)	1.33 <i>T</i> [Note (3)]	2 <i>t</i> when <i>t</i> < $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...
Over 6 (150)	$\frac{3}{16}$ (5)	1.33 <i>T</i> [Note (3)]	1.33 <i>T</i> [Note (3)] when <i>t</i> ≥ $\frac{3}{4}$ (19)	2 [Note (4)]	4	...	...

**NOTES:**

- (1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-403.9, QW-403.10, QW-404.32, and QW-407.4. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.
- (2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.
- (3) For the SMAW, SAW, GMAW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or 2*T*, or 2*t*, whichever is applicable.
- (4) See QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).
- (5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness *T* is  $\frac{3}{8}$  in. (10 mm) and over.



**ANEXO 4 ENSAYO DE PROBETA; PREPARACIÓN DE  
METAL BASE Y PROBETAS**

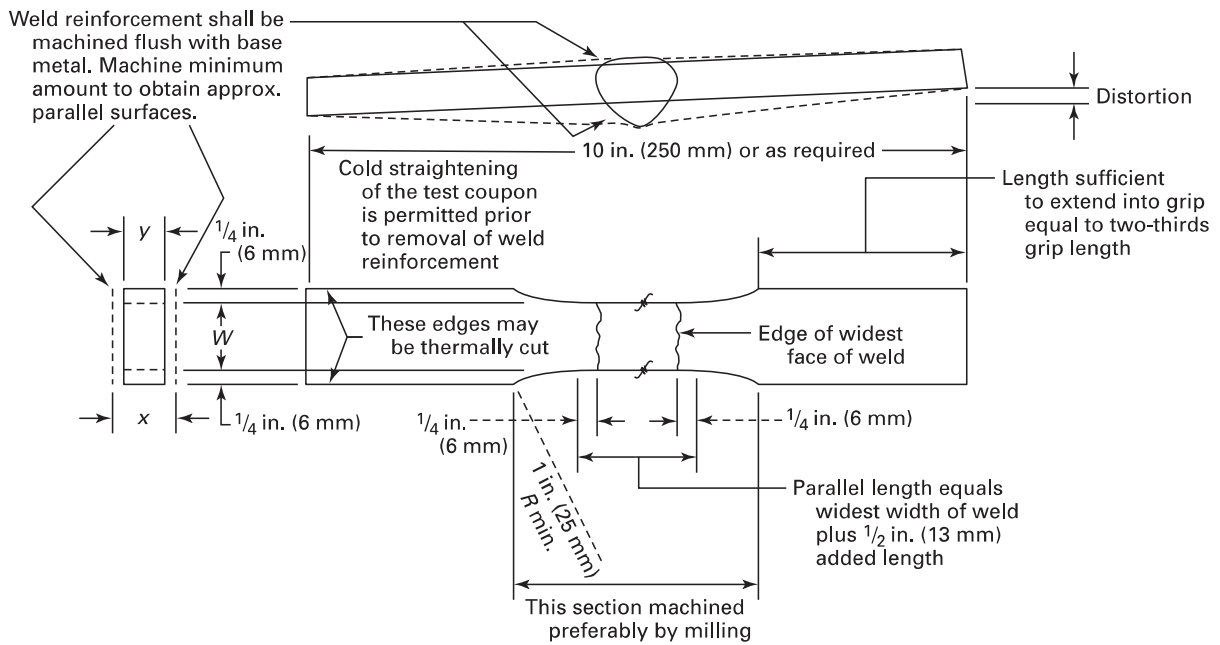
**QW-462 Test Specimens**

The purpose of the QW-462 figures is to give the manufacturer or contractor guidance in dimensioning test specimens for tests required for procedure and performance qualifications. Unless a minimum, maximum, or tolerance is given in the figures (or as QW-150, QW-160, or QW-180

requires), the dimensions are to be considered approximate. All welding processes and filler material to be qualified must be included in the test specimen.

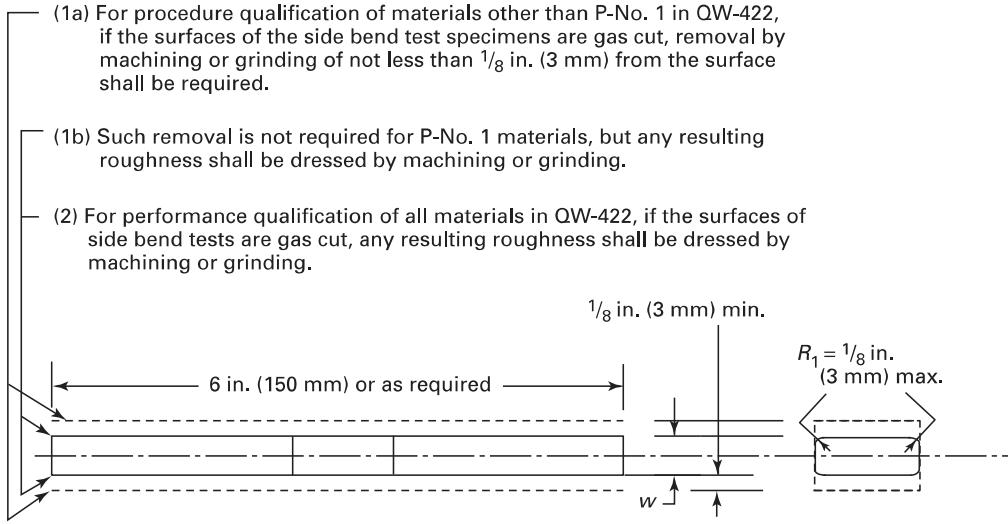
- $T$  = coupon thickness excluding reinforcement
- $W$  = specimen width,  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm)
- $x$  = coupon thickness including reinforcement
- $y$  = specimen thickness

QW-462.1(a) TENSION — REDUCED SECTION — PLATE



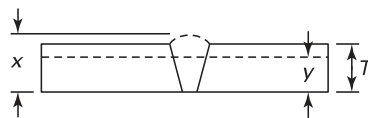
2007 SECTION IX

QW-462.2 SIDE BEND



- (1a) For procedure qualification of materials other than P-No. 1 in QW-422, if the surfaces of the side bend test specimens are gas cut, removal by machining or grinding of not less than 1/8 in. (3 mm) from the surface shall be required.
- (1b) Such removal is not required for P-No. 1 materials, but any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.
- (2) For performance qualification of all materials in QW-422, if the surfaces of side bend tests are gas cut, any resulting roughness shall be dressed by machining or grinding.

T, in. (mm)	y, in. (mm)	w, in. (mm)	
		P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	All other metals
3/8 to < 1 1/2 (10 to < 38)	T [Note (1)]	1/8 (3)	3/8 (10)
≥ 1 1/2 (≥ 38)	Notes (1) and (2)	1/8 (3)	3/8 (10)

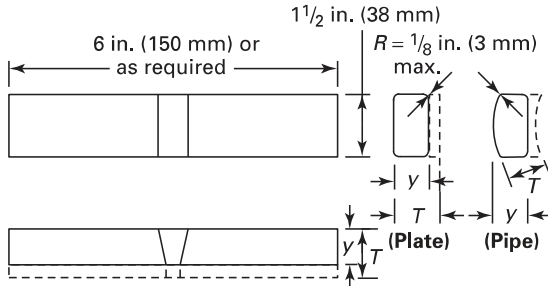


GENERAL NOTE: Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, may be removed flush with the surface of the specimen. Thermal cutting, machining, or grinding may be employed. Cold straightening is permitted prior to removal of the reinforcement.

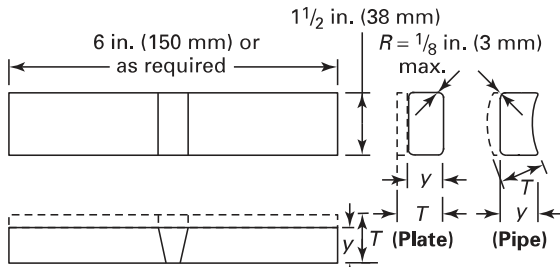
NOTES:

- (1) When weld deposit  $t$  is less than coupon thickness  $T$ , side-bend specimen thickness may be  $t$ .
- (2) When coupon thickness  $T$  equals or exceeds 1 1/2 in. (38 mm), use one of the following:
  - (a) Cut specimen into multiple test specimens of thickness  $y$  of approximately equal dimensions [3/4 in. (19 mm) to 1 1/2 in. (38 mm)].  $y$  = tested specimen thickness when multiple specimens are taken from one coupon.
  - (b) The specimen may be bent at full width. See requirements on jig width in QW-466.1.

QW-462.3(a) FACE AND ROOT BENDS — TRANSVERSE



Face-Bend Specimen — Plate and Pipe



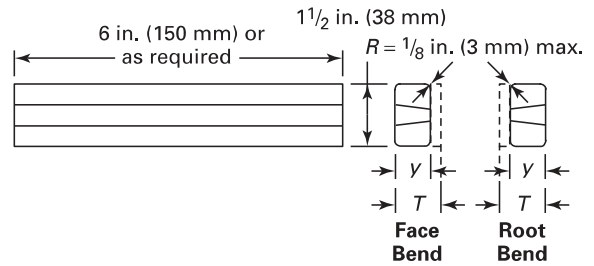
Root-Bend Specimen — Plate and Pipe

T <sub>i</sub> , in. (mm)	Y <sub>i</sub> , in. (mm)	
	P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	All Other Metals
1/16 < 1/8 (1.5 < 3)	T	T
1/8 - 3/8 (3-10)	1/8 (3)	T
> 3/8 (10)	1/8 (3)	3/8 (10)

GENERAL NOTES:

- (a) Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Do not flame-cut nonferrous material.
- (b) If the pipe being tested has a diameter of NPS 4 (DN 100) or less, the width of the bend specimen may be 3/4 in. (19 mm) for pipe diameters NPS 2 (DN 50) to and including NPS 4 (DN 100). The bend specimen width may be 3/8 in. (10 mm) for pipe diameters less than NPS 2 (DN 50) down to and including NPS 3/8 (DN 10) and as an alternative, if the pipe being tested is equal to or less than NPS 1 (DN 25) pipe size, the width of the bend specimens may be that obtained by cutting the pipe into quarter sections, less an allowance for saw cuts or machine cutting. These specimens cut into quarter sections are not required to have one surface machined flat as shown in QW-462.3(a). Bend specimens taken from tubing of comparable sizes may be handled in a similar manner.

QW-462.3(b) FACE AND ROOT BENDS — LONGITUDINAL



T <sub>i</sub> , in. (mm)	Y <sub>i</sub> , in. (mm)	
	P-No. 23, F-No. 23, or P-No. 35	All Other Metals
1/16 < 1/8 (1.5 < 3)	T	T
1/8 - 3/8 (3-10)	1/8 (3)	T
> 3/8 (10)	1/8 (3)	3/8 (10)

GENERAL NOTE: Weld reinforcements and backing strip or backing ring, if any, shall be removed essentially flush with the undisturbed surface of the base material. If a recessed strip is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the strip, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall be that specified above.

2007 SECTION IX

QW-463.1(a) PLATES — LESS THAN  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

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

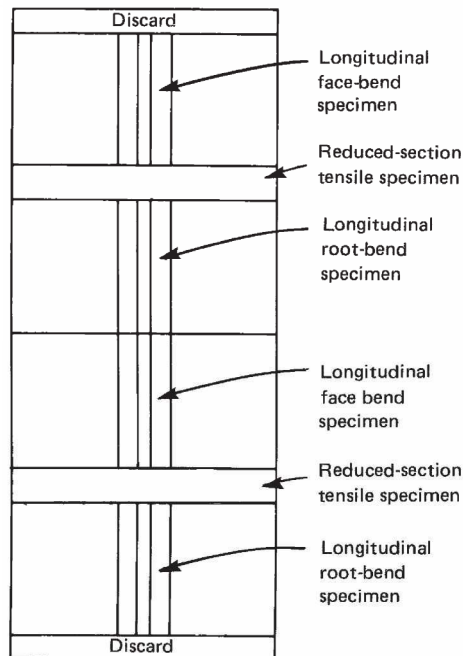


QW-463.1(b) PLATES —  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) AND OVER THICKNESS AND ALTERNATE FROM  $\frac{3}{8}$  in. (10 mm) BUT LESS THAN  $\frac{3}{4}$  in. (19 mm) THICKNESS PROCEDURE QUALIFICATION

Discard		this piece
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Side bend		specimen
Reduced section		tensile specimen
Side bend		specimen
Discard		this piece



QW-463.1(c) PLATES — LONGITUDINAL PROCEDURE QUALIFICATION



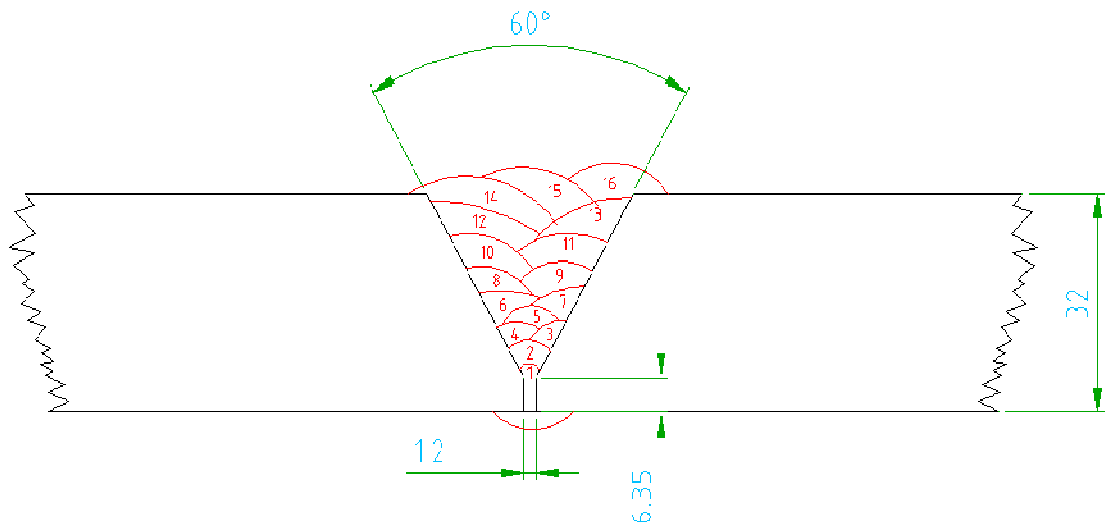
## **ANEXO 5 WPS, PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

<b>WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS)</b>			
WPS No. <u>1-1-SAW-01</u>		Date: <u>2010-08-20</u> Fecha	Page: <u>1/2</u> Pagina
Revision No. <u>A</u>		Support PQR No. <u>PQR-STP-05</u> No. PQR de Respaldo	
Company Name: _____ Nombre de la Compañía		Address: <u>Orellana Vía Coca – Lago Agrio Km. 5</u> Dirección	
Welding Process(es) <u>SAW</u> Proceso(s) de Soldadura		Type(s) <u>Automatic</u> Tipo(s) (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto.)	
JOINTS (QW-402) (JUNTAS)		Details Detalles  <b>SEE FABRICATION DRAWING</b>	
Joint Design <u>Groove and Fillet</u> Diseño de Junta			
Backing YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Respaldo Si No			
Backing Material (Type) <u>Weld / Base Metal</u> Material de Refuerzo (Tipo) (Refer to both backing and retainers.)			
<input checked="" type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Nonfusing Metal Metal Metálico no Fundible			
<input type="checkbox"/> Nonmetallic <input type="checkbox"/> Other No Metálico Otro			
Retainers <u>Not Used</u> Retenedores			
<b>BASE METALS (QW-403) (METALES BASE)</b>			
P-No. <u>1</u> Group No. <u>1, 2</u> To P-No. <u>1</u> Group No. <u>1, 2</u>			
OR			
Specification type and grade <u>N.A.</u> Especificación de Tipo y Grado			
to Specification type and grade <u>N.A.</u> hasta la Especificación Tipo y Grado			
OR			
Chem. Analysis and Mech. Prop. <u>N.A.</u> Análisis Químico y Propiedades Mecánicas			
to Chem. Analysis and Mech. Prop. <u>N.A.</u> hasta análisis Químico y Propiedades Mecánicas			
Thickness Range: Rango de Espesores			
Base Metal: Groove <u>3/16"-2 1/2"</u>		Fillet <u>All</u>	
Material Base Ranura		Filete	
Other <u>No Pass Greater to 1/2" thk</u> Otro			
<b>FILLER METALS (QW-404) (METALES DE APORTE)</b>			
Spec. No. (SFA) No. Especificación	<u>SFA-5.17</u>		
AWS No. (Class)	<u>EM12K</u>		
F-No.	<u>6</u>		
A-No.	<u>1</u>		
Size of Filler Metals Dimensiones de Material de Aporte	<u>Diameter 5/32 in</u>		
<b>Weld Metal (Material Soldado)</b>			
Thickness Range: (Rango de Espesores)			
Groove (Ranura)	<u>2 1/2 in</u>		
Fillet (Filete)	<u>All</u>		
Electrode-Flux (Class) Fundente (clase)	<u>F7A4 Neutro</u>		
Flux Trade Name Marca de Fundente	<u>OK Flux 10.71 ESAB</u>		
Consumable Insert Consumibles añadidos	<u>-----</u>		
Other Otros	Supplemental: No Alloy flux: No	Recrushed slag: No	

<b>WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS (WPS) (BACK)</b>								
WPS No. <u>1-1-SAW-01</u>			Date: <u>2010-08-09</u> Fecha			Page: <u>2/2</u> Pagina		
<b>POSITIONS (QW-405) (POSICION)</b>				<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407) (TRATAMIENTO TERMICO)</b>				
Position(s) of Groove: <u>1 G</u> Posición(es) de Ranura				Temperature Range: <u>None</u> Rango de Temperatura				
Welding Progression: <u>UP</u> <input type="checkbox"/> <u>DOWN</u> <input type="checkbox"/> Progresión de Soldadura <span style="margin-left: 100px;">ascendente</span> <span style="margin-left: 100px;">descendente</span>				Time Range: <u>None</u> Rango de Tiempo				
Positions of Fillet: <u>All</u>								
<b>PREHEAT (QW-406) (PRECALENTAMIENTO)</b>				<b>GAS (QW-408) (GASES)</b>				
Preheat Temp. Min. <u>10 °C (50 °F)</u> Temperatura Mínima de Pre calentamiento				<b>Percent Composition</b> Composición en Porcentaje				
Interpass Temp. Max. <u>As Welded</u> Max. Temperatura entre Pases								
Preheat Maintenance <u>Up to Finish the Joint</u> Mantenimiento de Pre calentamiento				Shielding	Gas/es (Gases)	Mixture (Mezcla)	Flow Rate (Caudal)	
				Trailing	N.A.	N.A.	N.A.	
				Backing	N.A.	N.A.	N.A.	
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) (CARACTERISTICAS ELECTRICAS)</b>								
Current (Corriente) AC _____ or DC <u>X</u>			Polarity (Polaridad) <u>EP (Electrode to Positive)</u>					
Amps Range (Rango de Amperaje) : <u>See Table</u>			Volts Range (Rango de Voltaje) : <u>See Table</u>					
Tungsten Electrode Size and Type: <u>N.A.</u> (Tamaño y Tipo del Electrodo de Tungsteno)								
Mode of metal transfer for GAW: <u>N.A.</u> (Modo de Transferencia de Metal para GAW)								
Electrode Wire feed speed: <u>Variable</u> (Velocidad de Alimentación del Electrodo)								
<b>TECHNIQUE (QW-410) (TECNICA)</b>								
String or Weave Bead <u>String</u> (Cordón Recto u Oscilado)								
Orifice or Gas cup size <u>N.A.</u> (Tamaño de Orificio o Copa para gas)								
Initial cleaing (Brushing, Griding, etc.) <u>Brushing and Griding</u> (Limpieza Inicial, Esmerilado, Cepillado, etc.)								
Interpass cleaning (Brushing, Griding, etc.) <u>Brushing and Griding</u> (Limpieza entre Pases, Esmerilado, Cepillado, etc.)								
Method of Back Gouging <u>Brusing and Griding</u> (Método de Excavado de la Raíz)								
Contact tube to work distance <u>3/4-1 3/4</u> (Distancia del Tubo de Contacto a la Pieza de Trabajo)								
Multiple or single pass (per side) <u>Multi pass</u> (Pases Sencillo o Múltiples Pases por Lado)								
Multiple or single electrodes <u>Single electrode</u> (Electrodo Sencillo o Múltiples)								
Travel Speed (Range) <u>Variable</u> (Velocidad de Avance)								
Peening (Martillado) <u>Not allowed</u>								
Other (Otros)								
Weld Layer(s)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range	Travel Speed Range	Others (e.g. Remarks comments, hotwire addition, etc.)
		Class	Diameter	Type Polar	Amp Range			
1-N	SAW	EM12K	5/32 in	DC +	410-650	27-34	variable	N.A.
N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Prepared By:			Reviewed By:			Approved By:		
Ing.		Date	Ing.		Date	Ing.		Date



Tabla A.1 Variables de Operación para Calificación de Procedimiento en SAW



Número de Pase	Corriente [A]	Voltaje [V]	Velocidad de avance [cm/min]	Calor Aportado [kJ/cm]	Altura de cordón [mm]	Tiempo [s]
1	416	27.3	55	12	7	41
2	440	27.8	53	14	3	41
3	480	29.3	54	16	6.5	40
4	480	29.3	54	16	3	41
5	585	31.5	57	19	1.5	40
6	585	31.5	57	19	0.5	39
7	585	31.5	57	19	3	40
8	585	31.5	57	19	3	39
9	620	31.5	57	21	1	39
10	620	31.5	57	21	1	39
11	620	31.5	57	21	2	39
12	620	31.5	57	21	2	40
13	620	31.5	57	21	+1	39
14	620	31.5	57	21	+1.5	38
15	620	31.5	57	21	+2	39
16	620	31.5	57	21	+2	39
17	620	33	57	22	+1	38

**ANEXO 6 INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS  
DESTRUCTIVOS**



# ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SOLDADURA



## INFORME TÉCNICO

DM - LDS - 10 - 14 - A

Orden de Trabajo No. 006478

**Solicitado por:** Ing. Luis Villafuerte.  
**SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD  
SERTECPET S.A.**

**Muestra Suministrada por:** Ing. Luis Villafuerte.  
**SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD  
SERTECPET S.A.**

**Tipo de trabajo:** Realización de ensayos mecánicos

**Fecha:** 03 de Septiembre del 2010.

### 1. ANTECEDENTES.

En el Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional se recibe 6 probetas de  $e \approx 32.40$  mm (1 1/4"), para la realización de ensayos destructivos (tracción y doblados laterales), necesarios para la calificación de Procedimiento de Soldadura, utilizando los criterios de la Norma **ASME IX**. Por Información proporcionada por el Ing. Luis Villafuerte, se conoce que la especificación del material base es ASTM A 516 Gr 70 y el proceso de soldadura utilizado es SAW.

### 2. NORMA DE REFERENCIA.

Los ensayos se realizaron utilizando los criterios de la norma:

**ASME IX – 2001 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION"**



2136



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

Las muestras se las identifica de la siguiente manera:

MUESTRA No.	IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	ESTAMPE	DESCRIPCIÓN
<b>1</b>	1T - SERTECPET -6478-A	SAW-T1-W3	Probeta para ensayo de tracción de $e \approx 32,4$ mm.
	2T - SERTECPET-6478-A	SAW-T2-W3	Probeta para ensayo de tracción de $e \approx 32,4$ mm.
	1DL-SERTECPET-6478-A	SAW-D1-W3	Probeta para ensayo de doblado lateral.
	2DL-SERTECPET-6478-A	SAW-D2-W3	Probeta para ensayo de doblado lateral
	3DL-SERTECPET-6478-A	SAW-D3-W3	Probeta para ensayo de doblado lateral
	4DL-SERTECPET-6478-A	SAW-D4-W3	Probeta para ensayo de doblado lateral

### 4. RESULTADO DEL ENSAYO DE TRACCIÓN.

MUESTRA No.	IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	OBSERVACIONES	APROBACIÓN PARCIAL	APROBACIÓN TOTAL
<b>1</b>	1T- SERTECPET -6478-A	Rotura en el material base Ver Anexo "Lab. Análisis de Esfuerzos"	SI	<b>SI</b>
	2T - SERTECPET-6478-A	Rotura en el material base Ver Anexo "Lab. Análisis de Esfuerzos"	SI	

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

MUESTRA NO.	IDENTIFICACIÓN LABORATORIO	OBSERVACIONES	APROBACIÓN PARCIAL	APROBACIÓN TOTAL
<b>1</b>	1DL-SERTECPET-6478-A	Indicación abierta de 1,0 mm.	SI	<b>SI</b>
	2DL-SERTECPET-6478-A	No presenta discontinuidades	SI	
	3DL-SERTECPET-6478-A	Indicación abierta de 0,7 mm	SI	
	4DL-SERTECPET-6478-A	No presenta discontinuidades	SI	



21/6



## 6. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos en los ensayos destructivos (Tracción y doblados laterales) se concluye que las probetas de  $e \approx 32,4$  mm., con ESTAMPE SAW – W3. **SI CUMPLEN** con los requerimientos establecidos por la norma **ASME IX**. Para Calificación de Procedimiento de Soldadura.

Atentamente,



Ing. Homero Barragán

**JEFE DE LABORATORIO DE SOLDADURA.**



Galo Homero Barragán Campos  
CWI 09073911  
CWI EXP. 7/1/2012

**Nota:** Las probetas ensayadas se encuentran disponibles en el Laboratorio de Soldadura, en caso de verificación de personal autorizado por el Cliente.





## INFORME TÉCNICO

LAEV – SEP.06

Quito, 03 de septiembre de 2010

TRABAJO SOLICITADO POR: **SERTECPET S.A.**

Ing. Luis Villafuerte


ORDEN DE TRABAJO N° 006478

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de acero pertenecientes a SERTECPET S.A. y entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

### RESULTADOS

- MUESTRA:** Cuatro (4) juntas soldadas de sección rectangular para ensayo de tracción.
  - Procedimiento de soldadura: FCAW - SAW
- ENSAYO DE TRACCIÓN SEGÚN NORMA ASME IX**

Código	Ancho (mm)	Espesores (mm)	Resistencia a la tracción		Porcentaje de elongación en 50,8 mm	Observación
			MPa	ksi		
FCAW/SAW-T1-W7	18,95	32,85	538	78	19	Falla en el material base
FCAW/SAW-T2-W7	18,82	33,19	529	76,7	18	Falla en el material base
SAW-T1-W3	19,02	32,73	543	78,7	24	Falla en el material base
SAW-T2-W3	19,08	33,30	527	76,5	18	Falla en el material base

  
Victor Hugo Guerrero, Ph.D.  
JEFE DEL LABORATORIO DE  
ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

## **ANEXO 7 ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES BASE**

# SPECIFICATION FOR CARBON STRUCTURAL STEEL



SA-36/SA-36M



(Identical with ASTM Specification A 36/A 36M-05.)

A08

## 1. Scope

**1.1** This specification covers carbon steel shapes, plates, and bars of structural quality for use in riveted, bolted, or welded construction of bridges and buildings, and for general structural purposes.

**1.2** Supplementary requirements are provided for use where additional testing or additional restrictions are required by the purchaser. Such requirements apply only when specified in the purchase order.

**1.3** When the steel is to be welded, a welding procedure suitable for the grade of steel and intended use or service is to be utilized. See Appendix X3 of Specification A 6/A 6M for information on weldability.

**1.4** The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system is to be used independently of the other, without combining values in any way.

**1.5** The text of this specification contains notes or footnotes, or both, that provide explanatory material. Such notes and footnotes, excluding those in tables and figures, do not contain any mandatory requirements.

**1.6** For structural products produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results, of A 6/A 6M apply.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- A 6/A 6M Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
- A 27/A 27M Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application

- A 307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60 000 psi Tensile Strength
- A 325 Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
- A 325M Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated 830 MPa Minimum Tensile Strength [Metric]
- A 500 Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes
- A 501 Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing
- A 502 Specification for Rivets, Steel, Structural
- A 563 Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts
- A 563M Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]
- A 668/A 668M Specification for Steel Forgings, Carbon and Alloy, for General Industrial Use
- A 1011/A 1011M Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural High Strength Low Alloy, and High Strength Low Alloy with Improved Formability
- F 568M Specification for Carbon and Alloy Steel Externally Threaded Metric Fasteners

## 3. Appurtenant Materials

**3.1** When components of a steel structure are identified with this ASTM designation but the product form is not listed in the scope of this specification, the material shall conform to one of the standards listed in Table 1 unless otherwise specified by the purchaser.

## 4. General Requirements for Delivery

**4.1** Structural products furnished under this specification shall conform to the requirements of the current edition of Specification A 6/A 6M, for the specific structural product ordered, unless a conflict exists in which case this specification shall prevail.



4.2 Coils are excluded from qualification to this specification until they are processed into a finished structural product. Structural products produced from coil means structural products that have been cut to individual lengths from a coil. The processor directly controls, or is responsible for, the operations involved in the processing of a coil into a finished structural product. Such operations include decoiling, leveling or straightening, hot-forming or cold-forming (if applicable), cutting to length, testing, inspection, conditioning, heat treatment (if applicable), packaging, marking, loading for shipment, and certification.

NOTE 1 — For structural products produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, two test results are to be reported for each qualifying coil. Additional requirements regarding structural products produced from coil are described in Specification A 6/A 6M.

## 5. Bearing Plates

5.1 Unless otherwise specified, plates used as bearing plates for bridges shall be subjected to mechanical tests and shall conform to the tensile requirements of Section 8.

5.2 Unless otherwise specified, mechanical tests shall not be required for plates over  $1\frac{1}{2}$  in. [40 mm] in thickness used as bearing plates in structures other than bridges, subject to the requirement that they shall contain 0.20 to 0.33% carbon by heat analysis, that the chemical composition shall conform to the requirements of Table 2 in phosphorus and sulfur content, and that a sufficient discard shall be made to secure sound plates.

## 6. Materials and Manufacture

6.1 The steel for plates and bars over  $\frac{1}{2}$  in. [12.5 mm] in thickness and shapes with flange or leg thicknesses over 1 in. [25 mm] shall be semi-killed or killed.

## 7. Chemical Composition

7.1 The heat analysis shall conform to the requirements prescribed in Table 2, except as specified in 5.2.

7.2 The steel shall conform on product analysis to the requirements prescribed in Table 2, subject to the product analysis tolerances in Specification A 6/A 6M.

## 8. Tension Test

8.1 The material as represented by the test specimen, except as specified in 5.2 and 8.2, shall conform to the requirements as to the tensile properties prescribed in Table 3.

8.2 Shapes less than  $1\text{ in.}^2$  [645 mm<sup>2</sup>] in cross section and bars, other than flats, less than  $\frac{1}{2}$  in. [12.5 mm] in thickness or diameter need not be subjected to tension tests by the manufacturer, provided that the chemical composition used is appropriate for obtaining the tensile properties in Table 3.

## 9. Keywords

9.1 bars; bolted construction; bridges; buildings; carbon; plates; riveted construction; shapes; steel; structural steel; welded construction

TABLE 1  
APPURTENANT MATERIAL SPECIFICATIONS

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65-35 [450-240]
Forgings (carbon steel)	A 668, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 1011/A 1011M, SS Grade 36 [250] Type 1 or Type 2 or A 1018/A 1018M SS Grade 36 [250]
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

NOTE 1 — The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Chemical composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

TABLE 2  
CHEMICAL REQUIREMENTS

Product Thickness, in. [mm]	Shapes <sup>A</sup>		Plates <sup>B</sup>						Bars <sup>B</sup>		
	All		To $\frac{3}{4}$ [20], Incl.	Over $\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ [20 to 40], Incl.	Over $1\frac{1}{2}$ to $2\frac{1}{2}$ [40 to 65], Incl.	Over $2\frac{1}{2}$ to 4 [65 to 100], Incl.	Over 4 [100]	To $\frac{3}{4}$ [20], Incl.	Over $\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ [20 to 40], Incl.	Over $1\frac{1}{2}$ to 4 [40 to 100], Incl.	Over 4 [100]
Carbon, max., %	0.26		0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	...		...	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.50-0.90
Phosphorus, max., %	0.04		0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max., %	0.05		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max.		0.40 max.	0.40 max.	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 max.	0.40 max.	0.40 max.	0.40 max.
Copper, min., % when copper steel is specified	0.20		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

NOTE 1 — Where “...” appears in this table, there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 5/A 6M.

<sup>A</sup> Manganese content of 0.85-1.25% and silicon content of 0.15-0.40% is required for shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm].

<sup>B</sup> For each reduction of 0.01 percentage point below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 percentage point manganese above the specified maximum will be permitted, up to the maximum of 1.35%.

**TABLE 3  
TENSILE REQUIREMENTS<sup>A</sup>**

<b>Plates, Shapes,<sup>B</sup> and Bars:</b>	
Tensile strength, ksi [MPa]	58-80 [400-550]
Yield point, min., ksi [MPa]	36 [250] <sup>C</sup>
<b>Plates and Bars<sup>D,E</sup>:</b>	
Elongation in 8 in. [200 mm], min., %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min., %	23
<b>Shapes:</b>	
Elongation in 8 in. [200 mm], min., %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min., %	21 <sup>B</sup>

<sup>A</sup> See the Orientation subsection in the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

<sup>B</sup> For wide flange shapes with flange thickness over 3 in. [75 mm], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19% applies.

<sup>C</sup> Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

<sup>D</sup> Elongation not required to be determined for floor plate.

<sup>E</sup> For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See Elongation Requirement Adjustments subsection under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

## SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

These requirements shall not apply unless specified in the order. Standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser are listed in Specification A 6/A 6M. Those that are considered suitable for use with this specification are listed by title.

**S5. Charpy V-Notch Impact Test**

**S30. Charpy V-Notch Impact Test for Structural Shapes: Alternate Core Location**

**S32. Single Heat Bundles**

**S32.1** Bundles containing shapes or bars shall be from a single heat of steel.

In addition, the following optional supplementary requirement is also suitable for use with this specification.

**S97. Limitation on Rimmed or Capped Steel**

**S97.1** The steel shall be other than rimmed or capped.

# SPECIFICATION FOR PRESSURE VESSEL PLATES, CARBON STEEL, FOR MODERATE- AND LOWER- TEMPERATURE SERVICE



SA-516/SA-516M



(Identical with ASTM Specification A 516/A 516M-06)

07  
A09

## 1. Scope

1.1 This specification covers carbon steel plates intended primarily for service in welded pressure vessels where improved notch toughness is important.

1.2 Plates under this specification are available in four grades having different strength levels as follows:

Grade U.S. [SI]	Tensile Strength, ksi [MPa]
55 [380]	55-75 [380-515]
60 [415]	60-80 [415-550]
65 [450]	65-85 [450-585]
70 [485]	70-90 [485-620]

1.3 The maximum thickness of plates is limited only by the capacity of the composition to meet the specified mechanical property requirements; however, current practice normally limits the maximum thickness of plates furnished under this specification as follows:

Grade U.S. [SI]	Maximum Thickness, in. [mm]
55 [380]	12 [305]
60 [415]	8 [205]
65 [450]	8 [205]
70 [485]	8 [205]

1.4 For plates produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, the additional requirements, including additional testing requirements and the reporting of additional test results of Specification A 20/A 20M apply.

1.5 The values stated in either inch-pound units or SI units are to be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining

values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

- A 20/A 20M Specification for General Requirements for Steel Plates for Pressure Vessels
- A 435/A 435M Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates
- A 577/A 577M Specification for Ultrasonic Angle-Beam Examination of Steel Plates
- A 578/A 578M Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel Plates for Special Applications

## 3. General Requirements and Ordering Information

3.1 Plates supplied to this product specification shall conform to Specification A 20/A 20M, which outlines the testing and retesting methods and procedures, permissible variations in dimensions and mass, quality and repair of defects, marking, loading, and so forth.

3.2 Specification A 20/A 20M also establishes the rules for ordering information that should be complied with when purchasing plates to this specification.

3.3 In addition to the basic requirements of this specification, certain supplementary requirements are available where additional control, testing, or examination is required to meet end use requirements.

3.4 The purchaser is referred to the listed supplementary requirements in this specification and to the detailed requirements in Specification A 20/A 20M.

**3.5** Coils are excluded from qualification to this specification until they are processed into finished plates. Plates produced from coil means plates that have been cut to individual lengths from coil. The processor directly controls, or is responsible for, the operations involved in the processing of coils into finished plates. Such operations include decoiling, leveling, cutting to length, testing, inspection, conditioning, heat treatment (if applicable), packaging, marking, loading for shipment, and certification.

NOTE 1: For plates produced from coil and furnished without heat treatment or with stress relieving only, three test results are reported for each qualifying coil. Additional requirements regarding plate produced from coil are described in Specification A 20/A 20M.

**3.6** If the requirements of this specification are in conflict with the requirements of Specification A 20/A 20M, the requirements of this specification shall prevail.

#### **4. Materials and Manufacture**

**4.1** *Steelmaking Practice*—The steel shall be killed and shall conform to the fine austenitic grain size requirement of Specification A 20/A 20M.

#### **5. Heat Treatment**

**5.1** Plates 1.50 in. [40 mm] and under in thickness are normally supplied in the as-rolled condition. The plates may be ordered normalized or stress relieved, or both.

**5.2** Plates over 1.50 in. [40 mm] in thickness shall be normalized.

**5.3** When notch-toughness tests are required on plates  $1\frac{1}{2}$  in. [40 mm] and under in thickness, the plates shall be normalized unless otherwise specified by the purchaser.

**5.4** If approved by the purchaser, cooling rates faster than those obtained by cooling in air are permissible for improvement of the toughness, provided the plates are subsequently tempered in the temperature range 1100 to 1300°F [595 to 705°C].

#### **6. Chemical Composition**

**6.1** The steel shall conform to the chemical requirements given in Table 1 unless otherwise modified in accordance with Supplementary Requirement S17, Vacuum Carbon-Deoxidized Steel, in Specification A 20/A 20M.

#### **7. Mechanical Properties**

**7.1** *Tension Test*—The plates, as represented by the tension test specimens, shall conform to the requirements given in Table 2.

#### **8. Keywords**

**8.1** carbon steel; carbon steel plate; pressure containing parts; pressure vessel steels; steel plates for pressure vessels

TABLE 1  
CHEMICAL REQUIREMENTS

Elements	Composition, %			
	Grade 55 [Grade 380]	Grade 60 [Grade 415]	Grade 65 [Grade 450]	Grade 70 [Grade 485]
Carbon, max <sup>(A), (B)</sup> :				
$\frac{1}{2}$ in. [12.5 mm] and under	0.18	0.21	0.24	0.27
Over $\frac{1}{2}$ in. to 2 in. [12.5 to 50 mm], incl	0.20	0.23	0.26	0.28
Over 2 in. to 4 in. [50 to 100 mm], incl	0.22	0.25	0.28	0.30
Over 4 to 8 in. [100 to 200 mm], incl	0.24	0.27	0.29	0.31
Over 8 in. [200 mm]	0.26	0.27	0.29	0.31
Manganese <sup>(B)</sup> :				
$\frac{1}{2}$ in. [12.5] and under:				
Heat analysis	0.60–0.90	0.60–0.90 (C)	0.85–1.20	0.85–1.20
Product analysis	0.55–0.98	0.55–0.98 (C)	0.79–1.30	0.79–1.30
Over $\frac{1}{2}$ in. [12.5 mm]:				
Heat analysis	0.60–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20
Product analysis	0.55–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30	0.79–1.30
Phosphorus, max <sup>(A)</sup>	0.035	0.035	0.035	0.035
Sulfur, max <sup>(A)</sup>	0.035	0.035	0.035	0.035
Silicon:				
Heat analysis	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40
Product analysis	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45	0.13–0.45

## NOTES:

(A) Applies to both heat and product analyses.

(B) For each reduction of 0.01 percentage point below the specified maximum for carbon, an increase of 0.06 percentage point above the specified maximum for manganese is permitted, up to a maximum of 1.50% by heat analysis and 1.60% by product analysis.

(C) Grade 60 plates  $\frac{1}{2}$  in. [12.5 mm] and under in thickness may have 0.85–1.20% manganese on heat analysis, and 0.79–1.30% manganese on product analysis.

TABLE 2  
TENSILE REQUIREMENTS

	Grade			
	55 [380]	60 [415]	65 [450]	70 [485]
Tensile strength, ksi [MPa]	55–75 [380–515]	60–80 [415–550]	65–85 [450–585]	70–90 [485–620]
Yield strength, min, ksi [MPa] <sup>(A)</sup>	30 [205]	32 [220]	35 [240]	38 [260]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, % (B)	23	21	19	17
Elongation in 2 in. [50 mm], min, % (B)	27	25	23	21

## NOTES:

(A) Determined by either the 0.2% offset method or the 0.5% extension-under-load method.

(B) See Specification A 20/A 20M for elongation adjustment.

## SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

Supplementary requirements shall not apply unless specified in the purchase order.

A list of standardized supplementary requirements for use at the option of the purchaser is included in ASTM Specification A 20/A 20M. Those that are considered suitable for use with this specification are listed below by title.

- |   |   |
|---|---|
| <b>S1. Vacuum Treatment,</b>  | <b>S7. High-Temperature Tension Test,</b>   |
| <b>S2. Product Analysis,</b>  | <b>S8. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 435/A 435M,</b>      |
| <b>S3. Simulated Post-Weld Heat Treatment of Mechanical Test Coupons,</b>           | <b>S9. Magnetic Particle Examination,</b>   |
| <b>S4.1 Additional Tension Test,</b>  | <b>S11. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 577/A 577M,</b>     |
| <b>S5. Charpy V-Notch Impact Test,</b>  | <b>S12. Ultrasonic Examination in accordance with Specification A 578/A 578M, and</b> |
| <b>S6. Drop Weight Test (for Material 0.625 in. [16 mm] and over in Thickness),</b> | <b>S17. Vacuum Carbon-Deoxidized Steel.</b>   |



## ADDITIONAL SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

In addition, the following supplementary requirement is suitable for this application.

### S54. Requirements for Carbon Steel Plate for Hydrofluoric Acid Alkylation Service

**S54.1** Plates shall be provided in the normalized heat-treated condition.

**S54.2** The maximum carbon equivalent shall be as follows:

Plate thickness less than or equal to 1 in. [25 mm]: CE maximum = 0.43

Plate thickness greater than 1 in. [25 mm]: CE maximum = 0.45

**S54.3** Determine the carbon equivalent (CE) as follows:

$$CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

**S54.4** Vanadium and niobium maximum content based on heat analysis shall be:

Maximum vanadium = 0.02%

Maximum niobium = 0.02%

Maximum vanadium plus niobium = 0.03%

(Note: niobium = columbium)

**S54.5** The maximum composition based on heat analysis of Ni + Cu shall be 0.15%.

**S54.6** The minimum C content based on heat analysis shall be 0.18%. The maximum C content shall be as specified for the ordered grade.

**S54.7** Welding consumables for repair welds shall be of the low-hydrogen type. E60XX electrodes shall not be used and the resulting weld chemistry shall meet the same chemistry requirements as the base metal.

**S54.8** In addition to the requirements for product marking in the specification, an "HF-N" stamp or marking shall be provided on each plate to identify that the plate complies with this supplementary requirement.

## SUMMARY OF CHANGES

The Committee has identified the location of selected changes to this standard that may impact the use of this standard.

(1) Footnote C was added to Table 1.

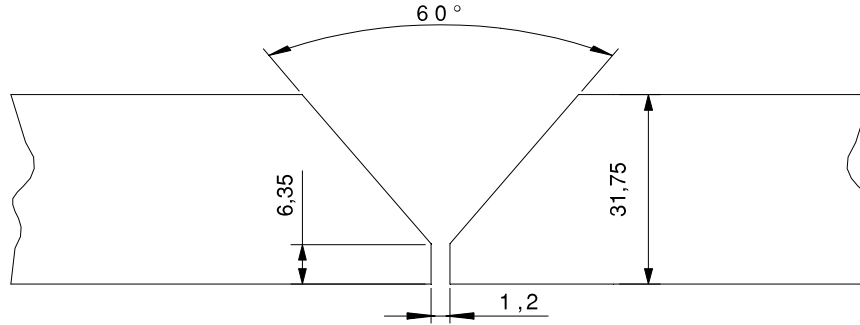
**ANEXO 8 PQR, REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE  
CALIFICACIÓN**

## PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR)

PQR No. <u>          PQR-STP-05          </u>	WPS No. <u>          1-1-SAW-01          </u>	Date: Fecha <u>          07-09-2010          </u>	Pag. 1/2
Welding Process: <u>          SAW          </u> <small>Procesos de Soldadura</small>		Type(s) <u>          Automatic          </u> <small>Tipo(s) (Automatic, Manual, Machine or Semi-Auto.)</small>	

Company Name: Nombre de la Compañía _____	Address: Dirección _____
--	-----------------------------

JOINTS (QW-402) (Juntas)



Groove Design of Test Coupon

<b>BASE METALS (QW-403) (Materiales Base)</b>		<b>POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)</b> Tratamiento Térmico de Postcalentamiento	
Material Spec. <u>          SA-516          </u> to <u>          SA-516          </u> <small>Especificación del Metal Base</small>		Temperature <u>          None          </u> <small>Temperatura</small>	
Type and Grade <u>          70          </u> <small>Tipo y Grado</small>		Time <u>          None          </u> <small>Tiempo</small>	
P No. <u>          1          </u> Gr. N° <u>          2          </u> to P No. <u>          1          </u> Gr. N° <u>          2          </u>		Other (Otro) <u>          -----          </u>	
Thickness of Test Coupon <u>          1 1/4"          </u> <small>Espesor de la probeta</small>			
Diameter of Test Coupon <u>          N.A.          </u> <small>Diámetro de la probeta</small>			
Other (Otro) _____		<b>GAS (QW-408)</b>	
		Percent Composition (Composición %)	
		Gas(es) (Gases)	Mixture (Mezcla)
		Shielding	Flow Rate (Caudal)
		Trailing	-----
<b>FILLER METALS (QW-404)</b> <small>Metal de Aporte</small>		Backing	-----
SFA Specification <small>Especificación SFA</small>	SFA-5.17	<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)</b> <small>Características Eléctricas</small>	
AWS Classification <small>Clasificación AWS</small>	EM12K	Current <u>          DC          </u> <small>Corriente</small>	
Filler Metal F-No. <small>No. F Metal de Aporte</small>	6	Polarity <u>          EP (Electrode Positive)          </u> <small>Polaridad</small>	
Weld Metal Analysis A-No. <small>Análisis de Metal de Sold. No. A.</small>	1	Amps. <u>          410-620 Amp          </u>	Volts <u>          27-33 V          </u> <small>Voltaje</small>
Size of Filler Metal <small>Tamaño de Metal de Aporte</small>	Ø 5/32" (4 mm)	Tungsten Electrode Size _____ <small>Tamaño del Electrodo de Tungsteno</small>	
Other (Otro) _____	F7A4 OK FLUX 10.71 - Neutro	Other (Otro) _____ <u>          N.A.          </u>	
Weld Metal Thickness (Espesor de Material de Aporte) <u>          No Pass Greater to 1/2" thk          </u>			
<b>POSITION (QW-405) (Posición)</b>		<b>TECHNIQUE (QW-410) (Técnica)</b>	
Weld Progression (Uphill, Downhill) <u>          N.A          </u> <small>Progresión (Ascendente, Descendente)</small>		Travel Speed <u>          Variable          </u> <small>Velocidad de Avance</small>	
Position of Groove (Posición Ranura) <u>          1G          </u>		String or Weave Bead <u>          Stringer          </u> <small>(Cordón Recto o entrelazado)</small>	
Other _____ <small>(Otro)</small>		Oscillation (Oscilación) <u>          None          </u>	
<b>PREHEAT (QW-406) (Pre calentamiento)</b>		Multipass or Single Pass (per side) <u>          Multiple pass          </u> <small>Pase simple o multiple (cada lado)</small>	
Preheat Temp. <u>          50°F          </u> <small>Temperatura de Pre calentamiento</small>		Single or Multiple Electrodes <u>          Single          </u> <small>Electrodo Sencillo - Multiple</small>	
Interpass Temp. <u>          As Welded          </u> <small>Temperatura entre pases</small>		Other (Otro) _____	
Other (Otro) _____			

<b>PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) (BACK)</b>		
PQR No. <u>                    PQR-STP-05                    </u>	Date: Fecha <u>          07-09-2010          </u>	Pag. 2/2

Tensile Test (QW-150) (Prueba de Tensión)						
Specimen No. No. de Probeta	Width Ancho (inch)	Thickness Espesor (inch)	Area Area (inch <sup>2</sup> )	Ultimate Total Load, lb Carga última total	Ultimate Unit Stress, psi Esfuerzo ultimo unitario	Type of Failure & Location Tipo de falla y localización
T1-W3	0,748	1,28	0,957	75.350	78.700	BASE METAL
T2-W3	0,751	1,31	0,983	75.261	76.500	BASE METAL

Guided-Bend Tests (QW-160) (Doblado Guiado)			
Type Tipo	Figure No. Figura No.	Result Resultado	
<input type="checkbox"/> Face (Cara) <input checked="" type="checkbox"/> Side (Lado)	QW-462.2	ACCEPTED	
<input type="checkbox"/> Face (Cara) <input checked="" type="checkbox"/> Side (Lado)	QW-462.2	ACCEPTED	
<input type="checkbox"/> Root (Raíz) <input checked="" type="checkbox"/> Side (Lado)	QW-462.2	ACCEPTED	
<input type="checkbox"/> Root (Raíz) <input checked="" type="checkbox"/> Side (Lado)	QW-462.2	ACCEPTED	

Toughness Tests (QW-170) (Prueba de Tenacidad)							
Specimen No. No. de Probeta	Notch Location Ubicación de la Ranura	Specimen Size Tamaño de la Probeta	Test Temp. Temperatura de Prueba	Impact Values (Valores de impacto)			Drop Weight Break (Y/N)
				ft-lb	% Shear	Mils	

Comments:  
Comentarios

Fillet-Weld Test (QW-180) (Prueba para soldadura de fileete)					
Result — Satisfactory: Resultado: Satisfactorio	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Penetration into Parent Metal: Penetración en Metal Base	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>

Macro — Results  
Macrografía — Resultados

Other Tests (Otras pruebas)
Type of Test Tipo de Prueba
Deposit Analysis Análisis de depósitos
Other Otro

Welder's Name: Sr. Moisés Sinailín Nombre del Soldador	Stamp No. W3 Estampe No.
Tests conducted by: Escuela Politécnica Nacional (EPN) Prueba realizada por:	Laboratory Test No: 006478 Pruebas de Laboratorio No.

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code 2007 Edition, 2009 Addenda.

Manufacturer: Fabricante	By: Por:
Date: 07 / IX / 2010 Fecha	

**ANEXO 9 WOPQ, CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO DE  
OPERADOR DE SOLDADURA**

WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WOPQ)			
Company Name: _____ Nombre de la Compañía		Date: <u>2010-09-07</u> Fecha	
Address: _____ Dirección		Page 1 of 2	
<b>Welder's Name</b> Nombre del Soldador	Sr. Moisés Sinailín	<b>Identification No.</b> No. de Identificación	W5
TEST DESCRIPTION Descripción de las pruebas			
<b>WPS identification No.</b> No. Identificación de WPS	1-1- SAW-01 Rev.A	X	<b>Test Coupon</b> Cupón de Prueba
<b>Base Metal Specification</b> Especificación de Metal Base	SA-516-70 to SA-516-70	<b>Thickness</b> Espesor	
Production Weld Soldadura de Producción			
1 1/4"			
TEST CONDITION AND QUALIFICATION LIMITS Condiciones de prueba y límites de calificación			
WELDING VARIABLES (QW-350) Variables de Soldadura		ACTUAL VALUES VALORES ACTUALES	RANGE QUALIFIED RANGO CALIFICADO
<b>Welding Process(es)</b> Proceso(s) de Soldadura		SAW	SAW
<b>Type (ie. Manual, Semi automatic) used</b> Tipo (ej. Manual, Semiautomático) usado		Automatic	Automatic
<b>Backing (metal, Weld metal, double-welded, etc.)</b> Respaldo (metal, metal soldado, soldadura doble, etc)		Weld metal	With
X <b>Plate</b> Plancha	<b>Pipe (ent. diameter if pipe or tube)</b> Tubería (ing. Diámetro)	N.A.	≥2 7/8" OD y <24" F, Groove >24 F, Groove All F, Fillet
<b>Base Metal P- or S-Number to P- or S-Number</b> Metal Base		P1 To P1	P.Nº 1-11, P.Nº 34, P.Nº 41-49
<b>Filler Metal or Electrode Specification(s) (SFA) (info. Only)</b> Especificación del material de aporte o electrodo		5.17	-----
<b>Filler Metal or Electrode Clasification(s) (info. Only)</b> Clasificación del material de aporte o electrodo		EM12K	-----
<b>Filler Metal F.Number(s)</b> No. F del material(es) de aporte		6	6
<b>Consumable Insert (GTAW or PAW)</b> Adición de consumibles		None	Without
<b>Filler type (solid/metal or flux cored/powder (GTAW or PAW)</b> Material de aporte (solido/metálico o núcleo de fundente/polvo)		Solid wire	Solid wire
<b>Process 1</b> <u>SAW</u> <b>3 layers min</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Yes Si	<input type="checkbox"/> No No	2 1/2" max. Groove All Thk. Fillet
<b>Process 2</b> _____ <b>3 layers min</b>	<input type="checkbox"/> Yes Si	<input type="checkbox"/> No No	-----
<b>Position qualified (2G, 6G, 3F, etc.)</b> Posición calificada		3G	F,V Groove F, H, V Fillet
<b>Vertical Progression (uphill or downhill)</b> Progresión vertical (ascendente o descendente)		N.A.	N.A.
<b>Type of fuel gas (OFW)</b> Tipo de gas		N.A.	N.A.
<b>Inert gas backing (GTAW, PAW, GMAW)</b> Gas inerte de respaldo		N.A.	N.A.
<b>Transfer mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW)</b> Modo de transferencia (spray/globular, pulsos, corto circuito)		N.A.	N.A.
<b>GTAW current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)</b> GTAW corriente tipo/polaridad		N.A.	N.A.

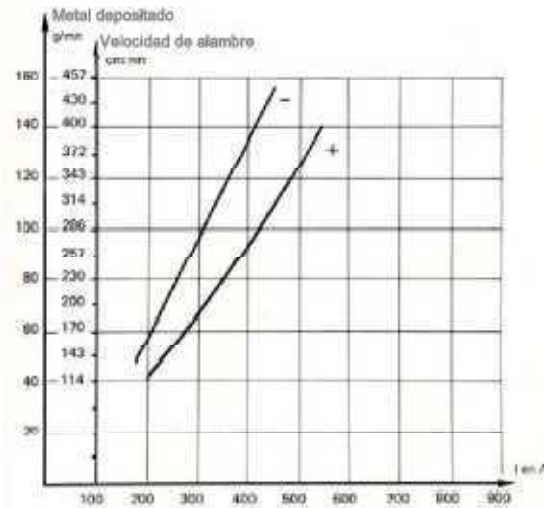
<b>WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WOPQ)</b>					
Company Name: <u>SERTECPET S.A.</u> Nombre de la Compañía			Date: <u>2010-09-07</u> Fecha		
Address: <u>Orellana Vía Coca – Lago Agrio Km 5.</u> Dirección			<b>Page 2 of 2</b>		
<b>RESULTS</b> Resultados					
Visual examination of completed weld (QW-302.4) <u>Accepted</u> Examen visual de la soldadura completada					
X	<b>Bend Test</b> Pruebas de doblado		<b>Transverse root and face (QW-462.3(a))</b> Raíz y Cara transversal		<b>Longitudinal root and face [QW-462.3(b)]</b> Raíz y Cara longitudinal
				X	<b>Side (QW-462.2)</b> Lado
	<b>Pipe Bend specimen, corrosion-resistant overlay [QW-462.5(c)]</b> Probeta para doblado de tubería, resistente a la corrosión		<b>Plate bend specimen, corrosion-resistant overlay [QW-462.5]</b> Probeta para doblado de plancha, resistente a la corrosión		
	<b>Macro test for fusion [QW-462.5(b)]</b> Prueba macro para fusión		<b>Macro test for fusion [QW-462.5(e)]</b> Prueba macro para fusión		
	<b>Type</b> Tipo	<b>Result</b> Resultado	<b>Type</b> Tipo	<b>Result</b> Resultado	<b>Type</b> Tipo
	DL1-W5	Accepted			
	DL2-W5	Accepted			
Alternative radiographic examination results (QW-191) <u>No</u> Resultados de examen radiográfico alternativo					
Fillet weld-fracture test (QW-180) <u>N.A.</u> Length and percent of defects <u>N.A.</u> Prueba de fractura de soldadura de filete longitud y porcentaje de defectos					
Macro examination (QW-184) <u>N.A.</u> fillet size(in.) <u>N.A.</u> x <u>N.A.</u> Concavity/convex(in.) <u>N.A.</u> Examen macro tamaño del filete concavidad/convexo					
Other test <u>-----</u> Otras pruebas					
Film or specimens evaluated by <u>-----</u> Películas o especímenes evaluados por			Company <u>-----</u> Compañía		
Mechanical test conducted by <u>-----</u> Pruebas mecánicas realizadas por			Laboratory test No. <u>006478</u> No. de laboratorio		
Welding supervised by <u>-----</u> Soldadura supervisada por					
<b>We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE <u>2007</u> Edition, <u>2009</u> Addenda.</b>					
			Organization <u>-----</u> Organización		
Date <u>07 / September / 2010</u> Fecha			By <u>-----</u> Por		



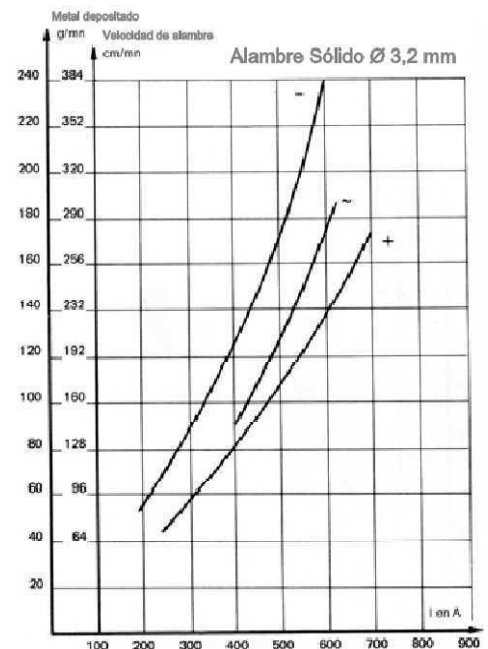
**ANEXO 10 DIAGRAMAS DE VELOCIDAD DE FUSIÓN EN  
SAW**

## ANEXO 10 VELOCIDADES DE FUSIÓN EN SAW

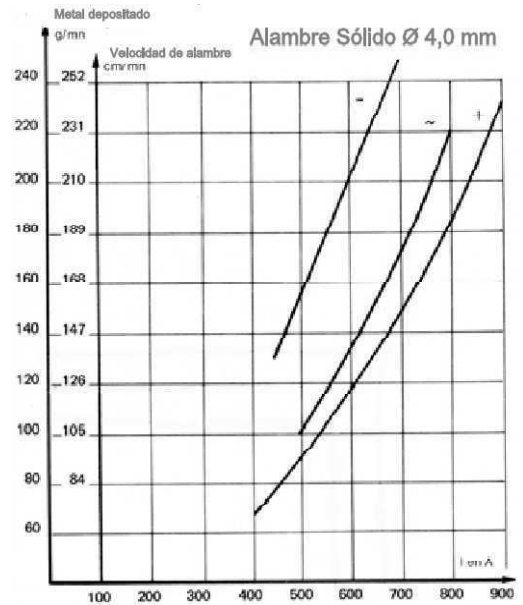
Alambre de Acero al carbono Ø 2,4 mm		Corriente Continua			
		Electrodo Polo (+)		Electrodo Polo (-)	
I (Amp.)	V (Volt.)	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h
200	21-26	114	2,4	150	3,12
250	22-26	143	3,0	215	4,5
300	22-26	170	3,60	280	5,7
350	23-27	200	4,20	330	6,9
400	24-28	240	5,10	380	8,0
450	25-29	285	6,0	445	9,3
500	26-30	335	7,0	-	-
550	27-31	385	8,1	-	-



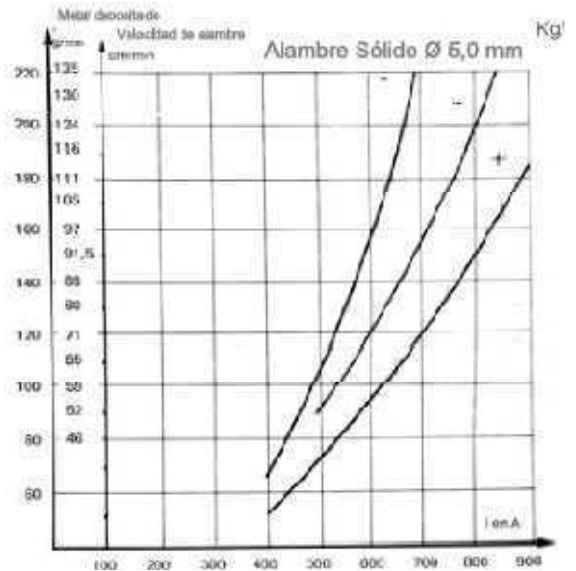
Alambre de Acero al carbono Ø 3,2 mm		Corriente Continua			
		Electrodo Polo (+)		Electrodo Polo (-)	
I (Amp.)	V (Volt.)	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h
300	22-27	90	3,4	126	4,6
350	23-27	105	3,9	160	5,9
400	24-28	120	4,5	200	7,4
450	25-29	140	5,2	235	8,7
500	26-30	160	6,0	290	10,8
550	27-31	180	6,7	335	12,4
600	28-32	200	7,4	390	14,0
650	29-33	230	8,5	-	-
700	30-34	280	10,5	-	-



Alambre de Acero al carbono Ø 4,0 mm		Corriente Continua			
		Electrodo Polo (+)		Electrodo Polo (-)	
I (Amp.)	V (Volt.)	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h
400	24-28	80	4,5	-	-
450	25-29	89	5,1	135	7,8
500	26-30	100	5,7	160	9,1
600	28-32	122	7,0	210	12,0
700	30-34	153	8,8	260	15,0
800	30-34	190	10,0	-	-
900	30-35	240	12,0	-	-
1000	31-35	310	13,8	-	-



Alambre de Acero al carbono Ø 5,0 mm		Corriente Continua			
		Electrodo Polo (+)		Electrodo Polo (-)	
I (Amp.)	V (Volt.)	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h	Velocidad Alambre cm/min	Aporte Kg/h
450	25-29	53	4,9	65	6,0
500	25-29	59	5,5	77	7,0
600	25-30	71	6,6	110	9,8
700	27-31	87	8,1	155	12,0
800	29-32	105	9,7	185	14,5
900	30-35	131	11,5	-	-
1000	32-36	170	13,0	-	-
1200	34-38	200	15,8	-	-



**ANEXO 11 COMPOSICIÓN DE ELECTRODO ESAB OK**

**AUTROD 12.20**

Electrodo encobrado, semidenso para la soldadura por arco sumergido y eléctrica bajo escoria.

### Análisis del metal depositado: valores indicativos para diferentes combinaciones

OK Autrod 12.20/ OK Flux	10.40	10.50*	10.61	10.70	10.71	10.80	10.81
Carbono %	0,1	0,13	0,1	0,07	0,07	0,1	0,1
Silicio %	0,5	0,1	0,2	0,5	0,25	0,5	0,5
Manganeso %	1,2	1,0	1,0	1,6	1,25	1,5	1,5

\*Soldadura eléctrica bajo escoria en chapa de 35 mm calidad de acero SIS 1411.

### Resistencia del metal depositado: valores indicativos para probetas de ensayo

Combinación OK Autrod 12.20 OK Flux	Limite de tracción		Limite de rotura		Resistencia al impacto KV		
	N/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	J	kpm	Temp.
10.40	350	36	490	50	40	4	-20
10.50*	290	30	440	45	30	3	-20
10.61	410	42	530	54	50	5	-20
10.70	470	48	550	56	60	6	-20
10.71	440	45	540	55	50	5	-20
10.80	430	44	530	54	50	5	-20
10.81	430	44	530	54	40	4	-20

\*Soldadura eléctrica bajo escoria

### Aprobaciones

Compañías de clasificación. Véase el OK Flux correspondiente, o la tabla 3 pág. 18.

### Entrega

Diám. mm	Tipo de bobina nro	Peso de electrodo kg
2,0	25	15
3,0	8	30
4,0	8	30
5,0	8	30
5,0	16*	100

\*Puede existir plazo de entrega

**ANEXO 12 COMPOSICIÓN DE FUNDENTE ESAB OK**

**AUTROD 10.71**

# OK Flux 10.71

Cód. según AWS: F72 EM 12 K  
Cód. según DIN 8557:  
12 ay 457



Un polvo de soldar semibásico que no brinda aleación y que tiene características de sudeo estables, tanto con corriente continua como corriente alterna. Grado de basicidad: 1,6. Peso volumétrico: 1,1 kg/litro.

## Campo de utilización

El OK Flux 10.71 está destinado para la soldadura por arco sumergido en combinación con electrodos sin aleación y de baja aleación.

## Análisis del metal depositado, %

Combinación OK Flux 10.71/ OK Autrod	C	Si	Mn	Mo
12.10	0,07	0,15	0,8	
12.20	0,07	0,25	1,25	
12.24	0,08	0,35	1,35	0,4

## Resistencia del metal depositado: valores indicativos para probetas de ensayo

OK Flux 10.61 OK Autrod	Limite de tracción		Limite de rotura		Resistencia al impacto KV		
	N/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kp/mm <sup>2</sup>	J	kpm	Temp.
12.10	390	40	490	50	50	5	-20
12.20	440	45	540	55	50	5	-20
12.24	490	50	590	60	80	8	-20

## Normas para la soldadura

El OK Flux 10.71 puede soldarse con corriente alterna o corriente continua. El polvo debe estar seco.

La tensión del arco debe ser mantenida baja y constante. Los datos de soldeo apropiados para el OK Flux 10.71, se hallan recopilados en las tablas 10 y 11 en las páginas 24 y 25.

## Consumo de polvo

El consumo de polvo varía con la tensión del arco. Con corriente alterna se obtiene un consumo más bajo que con corriente continua.

Los valores normales son:

0,65 a 0,70 kg polvo/kg de electrodo a 30 V, aprox. 0,9 kg polvo/kg electrodo a 34 V, 1,25 a 1,3 kg polvo/kg electrodo a 38 V.

## Aprobaciones

OK Flux 10.71 / OK Autrod	ABS	LR	DnV	BV
12.24	3TM, HT 3TM	MS 3TM HT 3TM	IV TM	A 3 TM A III TM

## Entrega

El OK Flux 10.71 se suministra en bolsas de papel con embalaje interior de plástico, conteniendo 25 kg.

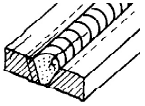

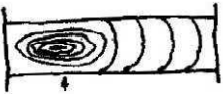

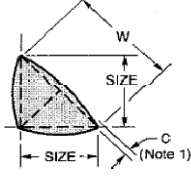
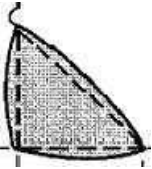
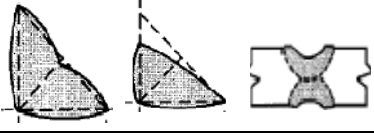
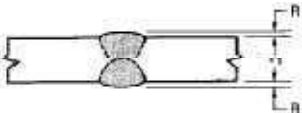
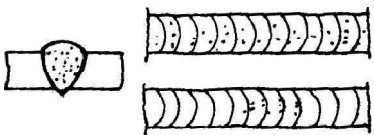
## **ANEXO 13 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN VISUAL**



	CLIENTE :	SERTECPET S.A.	REV.:	0	<b>REPORTE</b> STP- VT-000
	PROYECTO :	CONSTRUCCION DE NAVE INDUSTRIAL			
	LOCACION :	CAMPAMENTO BASE			
	FECHA :	08-oct-10			

## CRITERIOS DE ACEPTACION VISUAL SEGÚN AWS D1.1

### ESQUEMAS Y/O FOTOS DE DEFECTOS COMUNES EN SOLDADURA

Gráfica De Defecto	Nombre	Inicial	CRITERIOS DE RECHAZO EN INSPECCIÓN VISUAL		
			Carga Estatica - No Tubular	Carga Dinámica - No Tubular	Toda Carga - Tubulares
	Fisura	<b>F</b>	No se acepta	No se acepta	No se acepta
	Falta de Fusión entre soldadura y material base	<b>IF</b>	No se acepta	No se acepta	No se acepta
	Crater	<b>CR</b>	No se acepta	No se acepta	No se acepta
	Concavidad	<b>CC</b>	No se acepta	No se acepta	No se acepta
	Convexidad	<b>C</b>	<b>MAX CONVEXIDAD</b>		
			$W \leq 5/16 \text{ in. (8 mm)}$	$1/16 \text{ in. (2 mm)}$	
			$W \leq 5/16 \text{ in. (8 mm)}$ hasta $W < 1 \text{ in. (25 mm)}$	$1/8 \text{ in. (3 mm)}$	
			$W \geq 1 \text{ in. (25 mm)}$	$3/16 \text{ in. (5 mm)}$	
	Mordeduras	<b>M</b>	- Para espesores $< 1 \text{ in. (25 mm)}$ La mordedura no debe exceder de $1/32 \text{ in. (1mm)}$ - Excepto mordeduras hasta $1/16 \text{ in. (2 mm)}$ max hasta $2 \text{ in (51 mm)}$ en $12 \text{ in.}$ de longitud. - Para espesores $\geq 1 \text{ in. (25 mm)}$ La mordedura no debe exceder de $1/16 \text{ in. (2 mm)}$	En miembros primarios las mordeduras no deben ser mayores a $0,01 \text{ in. (0,25 mm)}$ cuando la soldadura es transversal a la tensión. En otros caso no mayor a $1/32 \text{ in. (1mm)}$	
	Soldadura Baja	<b>SB</b>	<b>Espesor Material Base (T)</b> $T \leq 1/4 \text{ in (6 mm)}$ $1/4 \text{ in (6 mm)} < T \leq 1/2 \text{ in (12 mm)}$ $1/2 \text{ in (12 mm)} < T \leq 3/4 \text{ in (20 mm)}$ $3/4 \text{ in (20 mm)} < T$	<b>Mínimo Tamaño de Filete</b> $1/8 \text{ in (3 mm)}$ En carga ciclica min 5 mm $3/16 \text{ in (5 mm)}$ $1/4 \text{ in (6 mm)}$ $5/16 \text{ in (8 mm)}$	
	Reforzamiento en soldaduras a tope	<b>R</b>	No debe exceder de $1/8 \text{ in. (3 mm)}$		
	Porosidad	<b>P</b>	En juntas a penetración total CJP, a tope transversales a la tensión. Cero porosidad. Soldaduras a filete la suma de porosidades de $1/32 \text{ in. (1mm)}$ y mayores no excedan $3/8 \text{ in. (10mm)}$ en $1 \text{ in.}$ de long. y no exceda $3/4 \text{ in. (10mm)}$ en $12 \text{ in.}$ (300 mm) de long. soldadura.	En soldaduras a filete el poro no debe exceder 1 poro por cada $4 \text{ in. (100mm)}$ y no mayor $3/32 \text{ in. (2.5 mm)}$ En juntas a penetración total CJP, a tope transversales a la tensión. Cero porosidad. En soldaduras a ranura el poro no debe exceder 1 poro por cada $4 \text{ in. (100mm)}$ y no mayor $3/32 \text{ in. (2.5 mm)}$	

**ANEXO 14 VARIABLES DE OPERACIÓN Y TAMAÑOS DE  
CORDÓN EN COLUMNAS**

## ANEXO 14 Variables de Operación y Tamaños de Cordón en Columnas

Tabla A.2 Columna 1

CORDÓN 1								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	550	28	45	21	38	11,50	7	9
CORDÓN 2								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	550	28	45	21	41	11,45	6	7
CORDÓN 3								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	500	25	40	19	46	11,29	7	6
CORDÓN 4								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	400	22	44	12	51	11,25	7	7

Tabla A.3 Columna 2

CORDÓN 1								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,5	43	16	39	11,17	7	6
CORDÓN 2								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,5	43	16	46,5	11,3	6	6
CORDÓN 3								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,5	43	16	46,8	11,31	7	7
CORDÓN 4								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,5	43	16	48,2	11,46	7	7

Tabla A.4 Columna 3

CORDÓN 1								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	36	11,8	6	7
CORDÓN 2								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	40	11,8	7	7
CORDÓN 3								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	38	11,8	7	6
CORDÓN 4								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	37	11,8	7	7

Tabla A.5 Columna 4 a 22

CORDÓN 1								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	42	11,9	7	7
CORDÓN 2								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	41	11,9	7	7
CORDÓN 3								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	40	11,9	7	7
CORDÓN 4								
Número de Pase	Amperaje [A]	Voltaje [V]	Vel. Avance [cm/min]	Calor Aportado [KJ/cm]	Tiempo Soldadura [min]	Longitud de soldadura [m]	S1 [mm]	S2 [mm]
1	450	25,6	43	16	44	11,9	7	7

**ANEXO 15 COTIZACIÓN DE ELECTRODOS Y  
FUNDENTES PARA SAW**



C.: F-VE-017 F.: 2010-07-12 V.:03

Quito, 15-10-2010

Señores  
**SERTECPET**  
 Ciudad

Atte.: Ing. Alex Morales  
 Cc: Diana Constante

Estimados Señores:

Saludándoles cordialmente, procedemos a cotizar los ítems de su interés:

ITEM	REFERENCIA	DESCRIPCION	CANT. (kg)	VALOR UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD
1	10 J2 OK FLUX 350	SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	2000	2.21	\$4,420.00
2	10 J2 OK AUTROD 12.20 2.40 MM	ALAMBRE ARCO SUMERGIDO	1000	2.03	\$2,030.00
3	10 J2 OK AUTROD 12.20 3.20 MM	ALAMBRE ARCO SUMERGIDO	1000	2.03	\$2,030.00
4	10 J2 OK AUTROD 12.20 4.00 MM	ALAMBRE ARCO SUMERGIDO	1000	2.03	\$2,030.00
5	10 J2 OK FLUX 429	SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	2000	2.03	\$4,060.00
6	10 J2 OK FLUX 10.71	SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO	2000	2.11	\$4,220.00
				Sub-Total	\$18,790.00
				DESTO.	
				I.V.A. 12%	\$2,254.80
				<b>TOTAL</b>	<b>\$21,044.80</b>



**FORMA DE PAGO: 40 % anticipo de importación, 30% entrega de mercadería,  
30% credito a 60 días**  
**TIEMPO DE ENTREGA: 8-10 semanas**  
**VALIDEZ DE OFERTA: 8 días**

Esperando que esta cotización sea de su agrado y aceptación. Atentamente,

Verónica Erazo  
IVAN BOHMAN C.A.  
QUITO SUR  
CEL: 093148422  
TELF: 3062973 – 3062980  
3062992 – 3063020 EX.104  
FAX: 2678-755  
MALDONADO Y AYAPAMBA S20-165  
[www.ivanbohman.com.ec](http://www.ivanbohman.com.ec)

[www.ivanbohman.com.ec](http://www.ivanbohman.com.ec)

**GUAYAQUIL:**

Casilla 09-01-1317 Km. 6½ vía a Daule. Telfs: (593-4) 2254-111 / 2258-666. Telefax: (593-4)2254-159  
E-mail: [ventas@ivanbohman.com.ec](mailto:ventas@ivanbohman.com.ec) / [compras@ivanbohman.com.ec](mailto:compras@ivanbohman.com.ec)

**QUITO:**

Norte : Av. Galo Plaza 13150 y los Cerezos. Telfs: (593-2) 2485-324 /325 /325. Casilla: 17-01-370  
Sur: Av. Maldonado S20-165 y Ayapamba. Telfs: (593-2) 3063-002 / 012. Fax: (593-2) 2678-755



Certificado 127835

## BIBLIOGRAFÍA

1. AWS (AMERICA WELDING SOCIETY); Manual de Soldadura; Octava edición; Tomo 1; Prentice-Hall Hispanoamericana; México D.F.; 1996.
2. OERLIKON; Manual de Soldadura; Primera edición; Exsa; 1995.
3. MILLER; Soldadura por Arco Sumergido; Miller Electric MFG. CO.; USA; 1982
4. MANGONON, P; “Ciencia de Materiales, Selección y Diseño”; Pearson; México; 2001
5. Mosquera G., Ayala D.; “Análisis de la Zona Afectada por el Calor en Aceros Hipoeutectoides”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; EPN; Ecuador; 2011
6. ASME Section IX; “Welding and Brazing Qualifications”; American Society of Mechanical Engineers; Estados Unidos; 2007
7. AWS D1.1/D1.1M; “Structural Welding Code”; American Welding Society; 20va. Edición; Estados Unidos; 2006
8. ASME Section II; “Materials”; Parte A Ferrous Material Specifications; American Society of Mechanical Engineers; Estados Unidos; 2007
9. ASME Section II; “Materials”; Parte C Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler metals, American Society of Mechanical Engineers; Estados Unidos; 2007
10. ASME Section II; “Materials”; Parte D Properties; American Society of Mechanical Engineers; Estados Unidos; 2007
11. ASME Section V; “Nondestructive Examination”; American Society of Mechanical Engineers; Estados Unidos; 1999
12. SAPAG N.; “Preparación y Evaluación de Proyectos; 2da edición; Mc Graw-Hill; México; 1989
13. BLANK, L., TARQUIN, A.; ‘Ingeniería Económica’; 4ta edición; McGraw-Hill; Colombia, 1999

14. Bazán C.; “Determinación de Electrodo y Calculo de Costos de Soldadura al Arco Asistidos por Computadora”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; UNIVERSIDAD DE PIURA; Perú; 1998
15. Pillajo J., Sarmiento E.; “Diseño de una Estructura de Acero para un Edificio de Apartamentos para ser utilizado en la Región Litoral del Ecuador”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; EPN; Ecuador; 2009
16. Miranda K., Lema S., Freire A.; “Proyecto de Inversión para la Producción y Comercialización de una Bebida Energizante Natural Elaborada a Base de Pitahaya”; Tesis previa a la obtención del título en Gestión Empresarial; ESPOL; Ecuador; 2009
17. <http://www.esab.es/>
18. [http://www.drweld.com/files/procesos\\_saw.pdf](http://www.drweld.com/files/procesos_saw.pdf)
19. [http://books.google.com.ec/books?id=rHynAxzh0iEC&pg=PA339&lpg=PA339&dq=metodos+de+iniciacion+del+arco+en+SAW&source=bl&ots=buHSculYgX&sig=M6GsdnT\\_VHjB2cB0Numzpn7GIU0&hl=es&ei=fMB8TpfVMYG5twfCnORT&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.ec/books?id=rHynAxzh0iEC&pg=PA339&lpg=PA339&dq=metodos+de+iniciacion+del+arco+en+SAW&source=bl&ots=buHSculYgX&sig=M6GsdnT_VHjB2cB0Numzpn7GIU0&hl=es&ei=fMB8TpfVMYG5twfCnORT&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false)
20. [http://issuu.com/esab/docs/catalogo\\_equipos\\_esab#download](http://issuu.com/esab/docs/catalogo_equipos_esab#download)
21. <http://issuu.com/esab/docs/catalogoesab2009#download>
22. [http://www.esab.es/es/sp/support/upload/Condiciones\\_Almacenamiento.pdf](http://www.esab.es/es/sp/support/upload/Condiciones_Almacenamiento.pdf)
23. <http://www.lincolnelectric.com/Catalog/lecobrowse.aspx?locale=1034>
24. <http://es.scribd.com/doc/54475956/Http-Www-esab-Com-ar-Ar-Sp-Acerca-Loader>
25. [http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura\\_por\\_arco](http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura_por_arco)
26. <http://www.directindustry.com/prod/esab/submerged-arc-welding-machines-18224-387663.html>
27. <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=1316&l=1>
28. <http://www.mitecnologico.com/Main/ActivosTangibles>
29. <http://www.ecuadorcontable.com>
30. <http://www.conelec.gob.ec>