

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN  
CENTRO DE SERVICIOS EN SOLDADURA EN LA ESPE”**

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

**AUTORES:**

**FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ LÓPEZ  
SHEILA JHOSUETH VILLOTA GALARZA**

**DIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO  
CODIRECTOR: ING. JOSÉ GUASUMBA**

**Sangolquí, 2006-02-24**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN CENTRO DE SERVICIOS EN SOLDADURA EN LA ESPE” fue realizado en su totalidad por el Sr. Francisco Javier Rodríguez López y la Srta. Sheila Jhosueth Villota Galarza, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

---

Ing. Carlos Naranjo  
DIRECTOR

---

Ing. José Guasumba  
CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-02-24

## LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

### “ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR UN CENTRO DE SERVICIOS EN SOLDADURA EN LA ESPE”

ELABORADO POR:

---

Francisco Rodríguez L.

---

Sheila Villota G.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

---

EL DECANO

Sangolquí, 2006-02-24

## DEDICATORIA

### **FRANCISCO:**

*A MIS PADRES FRANCISCO RODRÍGUEZ Y ÁNGELA LÓPEZ QUE ME SUPIERON LEVANTAR Y CONDUCIR NUEVAMENTE CUANDO TROPECÉ, A MI SOBRINO JOSUE Y A MIS HERMANOS RENATO, TATIANA Y MARIANELA, POR EL APRECIO Y CARIÑO QUE ME BRINDAN...*

*A MÍ ENAMORADA SHEILA POR SU SINCERO AMOR Y COMPRENSIÓN...*

*A MIS PRIMOS CON LOS QUE CRECÍ MARCELO, OSCAR, FREDDY Y A MI FAMILIA EN GENERAL POR DEMOSTRARME SU INTERÉS SINCERO POR VERME ALCANZAR MIS METAS...*

*A MIS AMIGOS JOSÉ LUÍS, HENRY, CRISTIAN, PATRICIO, FRANCISCO, JOSÉ ANTONIO, JIMMY, BYRON, ALEX, DIEGO, EDGAR, PAÚL, JUAN CARLOS Y TODOS LOS QUE FORMAN PARTE DE MI VIDA Y SIEMPRE ME AYUDAN A DEJAR A UN LADO LAS TRISTEZAS Y TENER PRESENTE LA DIVINIDAD DE ESTAR CON VIDA...*

**SHEILA:**

*ESTE PEQUEÑO LOGRO EN MI VIDA SE LO DEDICO A:*

*MIS AMADOS PADRES, POR SU APOYO INCONDICIONAL Y SU FE HACIA MÍ; A MIS QUERIDOS HERMANOS, POR SER MI FUENTE DE INSPIRACIÓN; A MIS ABUELITAS, POR SER MI EJEMPLO A SEGUIR, A MIS PEQUEÑOS SOBRINOS POR SU INAGOTABLE ALEGRÍA Y ENTUSIASMO.*

*FRANCISCO, MI AMIGO Y COMPAÑERO, POR SER LA PERSONA QUE SIEMPRE ESTA, EN LAS BUENAS Y MALAS.*

*Y SOBRETUDO A MI MISMA POR HABER PERSEVERADO A PESAR DE HABER ENCONTRADO MUCHOS OBSTÁCULOS EN EL CAMINO.*

## **AGRADECIMIENTOS**

**FRANCISCO:**

*A MIS PADRES Y HERMANOS EN ESPECIAL POR REALIZAR ESFUERZOS  
INCONTABLES PARA QUE NO FALTE NADA AL DESARROLLO  
FRATERNAL DE NUESTRO HOGAR...*

*A SHEILA, AMIGA, COMPAÑERA POR SU APOYO INCONDICIONAL PARA  
LA ELABORACIÓN Y CULMINACIÓN DEL PROYECTO...*

*A MIS AMIGOS POR AYUDARME A ALIVIAR CARGAS EXCESIVAS Y  
MALOS RATOS QUE SIEMPRE EXISTIRÁN...*

*A LAS PERSONAS Y EMPRESAS QUE NOS AYUDARON CON LA  
INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO...*

**SHEILA:**

AGRADEZCO A:

*FRANCISCO, POR HABER SIDO LA FUENTE INAGOTABLE DE PACIENCIA,  
AMOR Y TRABAJO.*

*LA FAMILIA RODRÍGUEZ – LÓPEZ, POR SU BONDAD Y GENTILEZA HACIA  
MÍ DURANTE EL PERIODO DE REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO, ASÍ  
COMO POR SU SINCERO APRECIO Y CARIÑO.*

*MIS AMIGOS DEL BALLEF FOLKLÓRICO DE LA ESPE, POR HABERME  
AYUDADO A ALIGERAR EL PESO DEL CAMINO.*

*MIS AMIGOS A QUIENES LLEVARE EN MI CORAZON EL RESTO DE MI  
VIDA, POR SER QUIENES ME IMPULSARON CUANDO EMPECÉ A  
DEFALLECER.*

# INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	II
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	VI
INDICE DE CONTENIDOS .....	VIII
LISTADO DE TABLAS.....	XII
LISTADO DE FIGURAS .....	XIV
LISTADO DE ANEXOS .....	XVI
RESUMEN.....	XVII
<b>CAPITULO 1: GENERALIDADES</b>	
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 ANTECEDENTES .....	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 GENERAL.....	4
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	4
1.5 ALCANCE.....	5
1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	5
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 PROCESOS DE SOLDADURA, CLASIFICACIÓN, APLICACIONES Y REQUERIMIENTOS.....	7
2.1.1 SOLDADURA POR ARCO (AW).....	7
2.1.2 SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO (OFW).....	12
2.1.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW).....	14
2.1.4 SOLDADURA FUERTE (B).....	17
2.1.5 SOLDADURA BLANDA (S).....	18
2.1.6 SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO (SSW).....	19
2.1.7 OTROS PROCESOS DE SOLDADURA.....	21
2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA.....	22
2.2.1 VENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA .....	22
2.2.2 DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA .....	24
2.3 TIPOS DE JUNTAS Y SIMBOLOGÍA BÁSICA DE SOLDADURA.....	25
2.4 MATERIALES BASE EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA.....	29
2.4.1 METALES FERROSOS .....	29
2.4.2 METALES NO FERROSOS .....	32



2.5	CLASIFICACION DE MATERIALES CONSUMIBLES DE LA SOLDADURA .....	34
2.6	ENSAYOS EN LA INSPECCIÓN DE SOLDADURAS .....	43
2.6.1	<i>DEFECTOS PRINCIPALES EN LAS SOLDADURAS.</i> .....	43
2.6.2	<i>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (E.N.D.)</i> .....	48
2.6.3	<i>ENSAYOS DESTRUCTIVOS (E.D)</i> .....	60
2.6.4	<i>CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA</i> .....	62
2.6.5	<i>CALIFICACIÓN DE HABILIDADES DE SOLDAR:</i> .....	69
2.6.6	<i>CALIFICACIÓN DE CONSUMIBLES</i> .....	70
2.7	SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA SOLDADURA .....	71
2.7.1	<i>PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD</i> .....	71
2.7.2	<i>PRACTICAS DE SEGURIDAD PARA SOLDADURA CON ARCO</i> .....	74
2.7.3	<i>EQUIPO DE PROTECCION PARA SOLDADORES</i> .....	75
2.7.4	<i>PREVENCIÓN DE INCENDIOS</i> .....	76
2.7.5	<i>PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA</i> .....	77
2.7.6	<i>PROTECCIÓN RESPIRATORIA</i> .....	80

### **CAPITULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS EN SOLDADURA**

3.1	EL SERVICIO DE SOLDADURA EN EL MERCADO.....	81
3.1.1	<i>DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS</i> .....	81
3.1.2	<i>METODOLOGIA UTILIZADA PARA OBTENER LOS DATOS</i> .....	82
3.2	EL ÁREA DEL SERVICIO DE SOLDADURA .....	83
3.3	ANÁLISIS DE DEMANDA.....	84
3.3.1	<i>RESPECTO A LOS PROCESOS DE SOLDADURA</i> .....	84
3.3.2	<i>RESPECTO A LOS SERVICIOS DE SOLDADURA</i> .....	85
3.3.3	<i>RESPECTO A LOS END</i> .....	86
3.3.4	<i>RESPECTO A LAS APLICACIONES DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA</i> .....	87
3.3.5	<i>RESPECTO A LOS CÓDIGOS Y NORMAS UTILIZADAS</i> .....	88
3.3.6	<i>RESPECTO A LOS MATERIALES BASE</i> .....	88
3.3.7	<i>RESPECTO A LAS PREFERENCIAS DE INSPECTORES DE SOLDADURA</i> ....	89
3.3.8	<i>PROYECCIÓN DE LA DEMANDA</i> .....	89
3.4	ANÁLISIS DE OFERTA .....	92
3.4.1	<i>LOS COMPETIDORES EN EL MERCADO</i> .....	92
3.5	DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA.....	93
3.6	ANALISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO .....	94

### **CAPITULO 4: ESTUDIO TÉCNICO**

4.1	CÓDIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES A LA SOLDADURA...97	
4.1.1	<i>GENERALIDADES</i> .....	97
4.1.2	<i>DEFINICIONES</i> .....	97
4.1.3	<i>APLICACIONES</i> .....	100

4.2	DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE LA PRODUCCIÓN EXISTENTES Y PROYECTADOS.....	100
4.2.1	FACTORES DE LA PRODUCCIÓN (6M) EXISTENTES.....	100
4.2.2	FACTORES DE LA PRODUCCIÓN (6M) PROYECTADOS.....	103
4.3	DESARROLLO DE PLANES CURRICULARES Y DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA.....	109
4.3.1	PLANES CURRICULARES Y METODOS DE CAPACITCIÓN.....	109
4.3.2	LOS SERVICIOS DE CALIFICACIÓN DEL CENTRO DE SOLDADURA.....	117
4.4	EL TAMAÑO DEL CENTRO DE SERVICIOS DE SOLDADURA .....	126
4.4.1	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NORMAL.....	126
4.4.2	FACTORES RESTRICTIVOS Y OPTIMIZACIÓN .....	127
4.4.3	JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO EN RELACIÓN CON EL SERVICIO .....	128
4.5	LOCALIZACIÓN ELEGIDA.....	129
4.5.1	DESCRIPCIÓN DE LA MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN.....	129
4.5.2	ORDENAMIENTO DEL AMBIENTE DE TAREAS.....	130
4.5.3	CALIFICACIÓN DEL ENTORNO GENERAL .....	133
4.5.4	JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN ELEGIDA CON EL TAMAÑO Y LOS SERVICIOS DEL CENTRO DE SOLDADURA.....	134
4.6	OBRAS FÍSICAS REQUERIDAS .....	134
4.6.1	ESPECIFICACIÓN DE OBRAS FÍSICAS .....	134
4.6.2	DIMENSIONES DE LAS OBRAS .....	138
4.6.3	REQUISITOS DE LAS OBRAS E INSTALACIONES .....	138
4.6.4	PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	141
4.6.5	COSTOS .....	141
4.7	ORGANIZACIÓN .....	142
4.7.1	PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO.....	142
4.7.1.1	ENTIDADES EJECUTORAS.....	142
4.7.1.2	ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	142
4.7.2	PARA LA OPERACIÓN DEL CENTRO .....	142
4.7.2.1	DOCUMENTACIÓN .....	142
4.7.2.2	PERSONAL NECESARIO .....	142
<b>CAPITULO 5: ESTUDIO FINANCIERO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>		
5.1	RECURSOS FINANCIEROS NECESARIOS.....	143
5.2	ANÁLISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS.....	143
5.3	DETERMINACIÓN DE INDICADORES ECONÓMICO .....	146
5.3.1	TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RETORNO (TMAR).....	148
5.3.2	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	148
5.3.3	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	149
5.3.4	RELACIÓN BENEFICIO / COSTO (B/C) .....	149
5.4	CONCLUSIONES ESTUDIO FINANCIERO – ECONÓMICO.....	150

**CAPITULO 6: ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL**

6.1	EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	153
6.2	ANÁLISIS DE GASES QUE EMITEN LOS PROCESOS DE SOLDADURA .....	153
6.2.1	<i>INSTALACIONES Y MÉTODOS REQUERIDOS PARA EVACUACIÓN</i> .....	157
6.2.2	<i>NIVEL DE NOCIVIDAD</i> .....	163
6.3	RESIDUOS SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA .....	164
6.4	PROPUESTA PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS PROCESOS DE SOLDADURA .....	165

**CAPITULO 7: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN**

7.1	ESPECIFICACIÓN DE ACTIVIDADES.....	169
7.2	ESTUDIO DE TIEMPOS Y RUTA CRÍTICA .....	170
7.3	DIAGRAMA DE GANTT .....	171

**CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

8.1	CONCLUSIONES.....	173
8.2	RECOMENDACIONES .....	174

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>269</b>
---	------------

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 2.1: Sistema AWS de dosificación de electrodos .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2.2: Metales de aporte recomendados para aceros inoxidables austeníticos al cromo – níquel, de uso común.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 2.3: Clasificación AWS y límites de composición de electrodos para soldadura de arco sumergido.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2.4: Intervalos de corriente para alambres usados para soldadura de arco sumergido. ..</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 2.5: Requerimientos de propiedades mecánicas para la clasificación de fundentes .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 2.6: Gases combustibles de uso común.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2.7: Síntesis de los principales métodos de pruebas no destructivas .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 2.8: Ejemplo del formato y contenido de una WPS .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 2.9: Ejemplo de parte del contenido de un PQR.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 2.10: Calibres de cable recomendados para soldadura manual .....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 2.11: Sombras de lentes recomendados para diversos procesos de soldadura. Guía para la selección de gafas.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 3.1 Porcentaje de utilización de procesos de soldadura y aplicaciones en el sector petrolero y de construcción .....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 3.2 Porcentaje de utilización de procesos de soldadura y aplicaciones en sectores comerciales, alimenticios, textiles, de comunicación, etc. ....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 3.3 Demanda Cursos de Capacitación.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 3.4 Demanda proyectada para servicios de soldadura .....</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 3.5 Demanda proyectada de personas para cursos de capacitación .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 3.6 Precios finales para cada servicio de soldadura.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.7 Precios de Calificación de Soldadores, Procedimientos y Consumibles del Mercado I .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.8 Precios de Calificación de Soldadores, Procedimientos y Consumibles del Mercado II .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.9 Precios de Cursos de soldadura y corte oxiacetilénico.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 3.10 Ingresos de Ventas Totales del Primer Año de Funcionamiento del Centro de Servicios en Soldadura .....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 4.1 Equipos de soldadura del Laboratorio de Maquinas Herramienta. ....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 4.2 Equipo de seguridad y herramientas del área de soldadura del Laboratorio de Maquinas Herramienta.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 4.3: Códigos y normas con los que cuenta el LMH.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 4.4 Parámetros de trabajo, recopilados de varias WPS.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 4.5 Códigos y normas aplicables a la soldadura .....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 4.6 Plan Curricular para proceso SMAW.....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 4.7 Plan Curricular para proceso GMAW .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 4.8 Plan Curricular para proceso GTAW.....</i>	<i>113</i>

<i>Tabla 4.9 Plan Curricular para proceso FCAW .....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 4.10 Plan Curricular para proceso de corte OXIACETILENICO .....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 4.11 Diagrama del proceso de calificación de procedimientos.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 4.12: Resumen de diagrama de proceso para calificación de una WPS y tiempos aproximados para la calificación.....</i>	<i>121</i>
<i>Tabla 4.13 Diagrama del proceso de calificación de soldadores .....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 4.14 Resumen del diagrama de proceso para calificación de soldadores y tiempos aproximados de calificación. ....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla 4.15 Diagrama del proceso de calificación de consumibles.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla 4.16 Resumen de diagrama de proceso para calificación de consumibles y tiempos aproximados para la calificación.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 4.17 Capacidad de Producción Normal en Horas por Mes de acuerdo a la demanda...</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 4.18 Utilización de las máquinas soldadoras I.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 4.19 Utilización de las máquinas soldadoras II.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 4.20 Parámetros ponderados para la localización de la planta. ....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 4.21 Tabla de dimensiones físicas de las obras.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 4.22 Costos de Fabricación .....</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 5.1: Recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto .....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 5.2: Análisis y Proyecciones Financieras .....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 5.3: Flujo de Caja del Proyecto.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 5.4: Cálculo del VAN .....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla 5.5: Cálculo de B/C .....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla 5.6: Resumen indicadores financieros y económicos del Proyecto.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 5.7: Período de Recuperación del Proyecto.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 6.1: Riesgos de los procesos de soldadura.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 6.2: Caudal De Aspiración Vs. Distancia Del Punto de Soldadura .....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 6.3 Límites permisibles para concentraciones de gases, humos y.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 7.1: Cronograma de desembolsos .....</i>	<i>171</i>

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 : Tipos de juntas de soldadura.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2.2: Símbolos básicos de soldadura con arco y gas (AWS) .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.3: Simbología de los elementos que intervienen en la soldadura .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.4: Localización y significado de la flecha en los símbolos de soldadura .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2.5: Simbología para pruebas no destructivas .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.6: Diferentes tipos de defectos en las soldaduras .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 2.7: Tres clases básicas de grietas de soldadura.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 2.8: Normas relativas a la mano de obra de aplicación. a) Soldaduras de ranura; b) Soldaduras de filete .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 2.9: a) calibrador de soldaduras para cordones de filete únicamente. Abajo, perfiles aceptables y defectuosos de soldaduras de filete.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 2.10: Comparación entre radiografías, a la izquierda radiografía corriente, a la derecha radiografía digital. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 2.11: Técnica de magnetizado circular, se puede ver poniendo el polvo magnético seco para la inspección.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 2.12: Proceso de tintas penetrantes. a.- limpieza y eliminación de recubrimientos; b.- aplicación y permanencia del penetrante; c.- eliminación del exceso de penetrante; d.- aplicación del revelador; e.- extracción del revelador y aparecimiento del defecto. ....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 2.13: Técnica de ultrasonido tipo pulsación – eco.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 2.14: De izquierda a derecha. La sonda ultrasónica encuentra un defecto en el material de prueba, al mover la sonda envía una señal y se registra en la pantalla de un osciloscopio para su interpretación. ....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 2.15: Cupón para calificación de un WPS, proceso GMAW en placa .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 2.16: Probetas para ensayos en tubería (ranura) y placa (filete y ranura).....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 2.17: Pruebas destructivas, de arriba hacia abajo: prueba de doblez lateral en filete y ranura. ....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 3.1 Procesos de soldadura y corte utilizados en la industria ecuatoriana .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 3.2 Cantidad de servicios de soldadura utilizados.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 3.3 Cantidad porcentual de ensayos no destructivos utilizados para verificar la calidad de la soldadura en la industria.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 3.4 Aplicaciones de los procesos de soldadura dentro de la industria ecuatoriana .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 3.5 Principales códigos y normas de soldadura con los que se trabaja en la industria... 88</i>	
<i>Figura 3.6 Materiales base utilizados en los procesos de soldadura .....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 3.7 Preferencias de las industrias en cuanto a inspectores para verificar la calidad de las juntas soldadas.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 3.8 Proyección de la demanda de ensayos destructivos.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 3.9 Proyección de la demanda de los ensayos no destructivos.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 3.10 Proyección de la demanda para calificación de soldadores.....</i>	<i>91</i>

<i>Figura 3.11 Proyección de la demanda para calificación de WPS.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 3.12 Proyección de la demanda para calificación de consumibles .....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 3.13 Proyección de la Demanda para Cursos de Corte y Soldadura .....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 4.1 Flujo de trabajo para el proceso de capacitación.....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 4.2 Flujo de trabajo para el proceso en el Área Administrativa .....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 4.3 Flujo de trabajo para el proceso de calificación.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 6.1: Extracción localizada en procesos de soldadura (individual) .....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 6.2: Extracción localizada en procesos de soldadura (múltiple).....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 6.3: Sistema de ventilación fijo .....</i>	<i>159</i>
<i>Figura 6.4: Sistemas de ventilación móviles .....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 6.5: Extracción localizada de alto vacío en robots de soldadura.....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 6.6: Extracción localizada de bajo vacío en soldadura .....</i>	<i>161</i>
<i>Figura 6.7 Concepto de Instalación Centralizada.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 6.8 Sistema de Captación Múltiple Localizada para el Centro de Servicios en Soldadura .....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 7.1 Ruta crítica de la ejecución del proyecto (Barras rojas).....</i>	<i>171</i>

## LISTADO DE ANEXOS

<i>ANEXO I: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS EN LAS SOLDADURAS.....</i>	<i>179</i>
<i>ANEXO II: ENCUESTA REALIZADA PARA EL ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO. ....</i>	<i>182</i>
<i>ANEXO III: TRABAJOS REALIZADOS DE INSPECCIÓN Y CALIFICACIÓN DE SOLDADURA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RIO TENA PARA LA FÁBRICA DE MUNICIONES SANTA BÁRBARA.....</i>	<i>187</i>
<i>ANEXO IV: CÁLCULO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA DEL CENTRO DE SERVICIOS .....</i>	<i>190</i>
<i>ANEXO V: PLANES CURRICULARES DE PRÁCTICAS DE SOLDADURA PARA PERSONAS SIN EXPERIENCIA EN SOLDADURA.....</i>	<i>198</i>
<i>ANEXO VI: PRÁCTICAS DE SOLDADURA PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN SMAW Y GMAW.....</i>	<i>200</i>
<i>ANEXO VII: POSICIONES DE SOLDADURA PARA CALIFICACIÓN DE HABILIDAD DE SOLDAR.....</i>	<i>261</i>
<i>ANEXO VIII: PLANO CON LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA, FACHADAS Y DIMENSIONES FINALES DEL CENTRO DE SERVICIOS EN SOLDADURA.....</i>	<i>262</i>
<i>ANEXO IX: PRECIOS DE HERRAMIENTAS, MAQUINARIA, MOBILIARIO GENERAL, GASTOS PREOPERATIVOS Y OBRAS FÍSICAS PARA EL CENTRO DE SOLDADURA .....</i>	<i>263</i>
<i>ANEXO X: DIAGRAMA DE GANTT PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE SOLDADURA .....</i>	<i>268</i>



## RESUMEN

El presente proyecto demuestra la factibilidad de implementar un Centro de Servicios en Soldadura en la ESPE, el mismo que pretende proporcionar capacitación de personal en los procesos SMAW, GMAW, GTAW y FCAW, así como para el proceso de oxicorte. Además, ofrecer los servicios de calificación de soldadores, procedimientos y consumibles de acuerdo a los códigos ASME, AWS y API, así como la prestación de servicios en ensayos no destructivos considerando entre los más importantes los de radiografía, ultrasonido y partículas magnéticas. Cada uno de estos servicios avalados por profesionales capacitados y calificados en el área.

La inversión inicial del proyecto será de 131542.42USD, con un período de recuperación de 5.128 años y un período de implementación de 11 meses.

Los índices económicos que permiten determinar la factibilidad del proyecto en un período de 10 años, son VAN igual a 3493.87, TMAR igual a 15%, TIR igual a 16% y RBC igual a 1.19, todos valores superiores a cero y dentro de los parámetros económicos de evaluación.

El área de construcción del Centro de Soldadura es de 396m<sup>2</sup>, dividida en tres sectores: Técnico, Administrativo y Ventas. El sector técnico está dividido en un área de talleres de soldadura, un área de laboratorios para END y un área destinada a la instrucción teórica de los alumnos. El sector administrativo y ventas están ubicados en las mismas oficinas.

El personal necesario para el Centro en Soldadura está integrado por un inspector calificado en soldadura, un inspector para END, un soldador calificado, dos ayudantes y/o bodegueros, una secretaria y una persona para ventas.

Además, también se considera el estudio medio ambiental que plantea reducir el impacto generado por los procesos de soldadura del Centro en el ambiente. Así, se recomienda el uso de extractores localizados de gases, humos y partículas en cada módulo de trabajo, además de una altura aproximada de

construcción de 5 metros, con el fin de evitar ambientes tóxicos, explosivos o faltos de oxígeno. En cuanto a desechos sólidos se recomienda clasificarlos y reciclarlos por separado para así ser reutilizados en otras aplicaciones.

Los datos necesarios para determinar la demanda de los servicios que se pretenden ofertar se los obtuvo mediante una encuesta realizada al sector industrial dedicado a la construcción y petróleos en el Ecuador.

En cuanto a los precios de los servicios ofertados por el Centro de Soldadura se obtuvo un alto nivel de competitividad de éstos con respecto a los actuales de Mercado, reduciendo en un 30% los precios del Centro de Soldadura con respecto a los demás oferentes, obteniendo ganancias desde el 90% al 170% sobre el costo.

De acuerdo a lo descrito, es factible implementar un Centro de Servicios en Soldadura en la ESPE, que contribuya al desarrollo de procedimientos seguros y de alta confiabilidad en el área, contribuyendo a la vez con el desarrollo de la empresa y la industria ecuatoriana.

# **CAPITULO 1: GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

Entre los procesos de manufactura más relevantes e importantes a nivel Industrial se encuentra el de Soldadura, el mismo que a través de los años ha evolucionado y se ha convertido en fundamental dentro del campo de la Producción y por tanto elemental en el desarrollo de la Sociedad. La soldadura es un proceso de unión al igual que el remachado, empernado y el pegado. Sin embargo, la soldadura se utiliza preferentemente a éstos e incluso a uniones remachadas debido a su rapidez y bajos costos.

El estudio teórico y práctico de este proceso es útil dentro del diseño y la construcción, para obtener estructuras y elementos que desempeñen correctamente su función y mantengan los requisitos de aspecto y que a la vez se comporten de acuerdo con lo previsto hasta que sean retirados de servicio por decisión del usuario. Para desarrollar juntas soldadas de alta calidad y con mínimos riesgos es necesario contar con el conocimiento y la experiencia adecuada en el área.

Los nuevos retos comerciales que nacen de la Globalización, obligan al sector productivo a ser competitivo y eficiente dentro del Mercado, a producir excelentes bienes y servicios al más bajo costo, a utilizar materia prima de la mejor calidad, a contar con equipo humano capacitado, a utilizar tecnología de último nivel y a mantener una relación equilibrada entre la producción y el medio ambiente; por tanto los procesos que se relacionan con él deben mantener todos un alto desempeño; por este motivo es necesario crear centros de preparación de personal capaz de cumplir con los requerimientos mencionados.

El presente proyecto pretende estudiar la factibilidad de cubrir esta necesidad, mediante el análisis de los elementos de juicio necesarios (Estudio de Mercado, Estudio Técnico, Estudio Financiero – Económico, Plan Micro de Implementación y Estudio Ambiental) para la ejecución posterior del proyecto (por parte de los docentes y autoridades de la ESPE).

Con la implantación del Tratado de Libre Comercio (TLC) en América, todos los países, y todas las empresas deben apuntar a ser líderes en el Mercado, y es por este motivo que como estudiantes de Ingeniería queremos contribuir con este mejoramiento a través de un proyecto que pretende ayudar en este proceso de cambio, para así obtener un Ecuador con menos diferencias sociales y con una buena estabilidad económica.

## **1.2 ANTECEDENTES**

El Área de Soldadura de la Facultad de Ingeniería Mecánica (FIME) de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) actualmente presta servicios a Empresas e Instituciones, apoyándose en el personal, maquinaria, equipos, instalaciones y códigos existentes en sus Laboratorios. Algunas de estas empresas son: AZUL, HIDALGO – HIDALGO, SANTOS CMI y TESCA del Ecuador.

Los laboratorios que contribuyen con la prestación de servicios en el área de soldadura son: Máquinas Herramienta (LMH) y Resistencia de Materiales, aunque también pueden colaborar los laboratorios de: Metalurgia con END (Tintas Penetrantes y Metalografía computarizada) y Metrología para mediciones exactas.

Los antecedentes del presente proyecto se constituyen en los seis factores de la producción (6M), los que serán mencionados a continuación y analizados detalladamente en el Capítulo IV.

Con respecto al Personal, la ESPE actualmente cuenta con funcionarios de la FIME que están capacitados en Inspección de Soldadura, los mismos que podrían formar parte del equipo humano necesario para la ejecución del presente proyecto. Sin embargo, para el Centro de Servicios se necesitará contratar personal calificado y certificado.

La maquinaria, el equipo y las instalaciones de los Laboratorios de Máquinas Herramienta y Resistencia de Materiales son útiles para prácticas en el área de Soldadura, sin embargo, son insuficientes para prestación de servicios. La

Metodología empleada para los trabajos que se han realizado se encuentra especificada en códigos, normas y especificaciones con los que cuenta la FIME.

Los proveedores de materia prima (materiales base, consumibles, herramientas y equipo de seguridad) no mantienen un convenio con la FIME, lo que dificulta el transporte, los costos, disponibilidad, entre otros factores. Entre los proveedores están AGA del Ecuador, COLIMPO, CARHER. Los Servicios en Soldadura no requieren de mediciones de gran exactitud, debido a que la mayoría de técnicas o ensayos son del tipo macroscópico.

En cuanto al aspecto medio ambiental, no existe un manejo adecuado de los gases y desechos producidos en los procesos de soldadura, solo existen conductos para la evacuación de gases los mismos que son liberados directamente al medio ambiente.

De acuerdo a lo anteriormente referido se ha determinado que es necesario proporcionar la información adecuada de los factores de la producción y los costos referentes a la implementación de un Centro de Servicios en Soldadura para garantizar los trabajos que se realicen en dicha área, mediante la Calificación y Certificación de Personal, Procesos y Consumibles.

### **1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El problema del presente proyecto está definido por tres fases: el punto de partida, el punto de llegada y el procedimiento para llegar del uno al otro, así:

#### *Punto de partida:*

La FIME realiza prestación de servicios en el área de soldadura de forma limitada, por no existir los recursos necesarios como: personal y equipo certificado, instalaciones, métodos y tratamiento medio ambiental.

#### *Procedimiento:*

Para poder ofrecer una mayor variedad de servicios en el área de soldadura por parte de la FIME, se debe realizar un estudio de factibilidad para un Centro de Servicios que analice los principales elementos de juicio como: estudio de

mercado, estudio técnico, estudio financiero y evaluación económica y estudio medio ambiental; que permitan llegar a una conclusión o respuesta.

*Punto de llegada:*

Determinar si es factible o no implementar un Centro de Servicios en Soldadura en la ESPE.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 GENERAL**

El Objetivo Superior del presente proyecto es obtener los requerimientos necesarios de los factores de la producción (6M) y costos para implementar un Centro de Servicios en Soldadura.

### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Realizar el estudio de mercado de los servicios de soldadura y determinar los factores importantes de este estudio, para concluir la viabilidad del proyecto mediante datos cuantitativos obtenidos del estudio.
  
- Realizar el estudio técnico, mediante el análisis de los diferentes códigos como ASME, API, AWS, entre otros, y realizar planes de capacitación de soldadores, además de procedimientos de los principales procesos de soldadura determinados en el estudio de mercado.
  
- Determinar el tamaño del Centro de Servicios de soldadura de acuerdo a los servicios que se pretende brindar, así como también los requisitos necesarios para realizar las obras físicas demandadas
  
- Realizar un estudio financiero y evaluación económica de los servicios que se van a brindar, mediante la determinación de indicadores económicos como el TMAR, VAN, TIR, beneficio / costo, y establecer la viabilidad del proyecto.

- Realizar un estudio medio ambiental, mediante la evaluación actual y realizar una propuesta para reducir el impacto ambiental que generan los procesos de soldadura.
- Realizar un plan de implementación, ya que éste servirá como una guía para la ejecución del proyecto por las partes interesadas, en caso de la aprobación del proyecto.

## **1.5 ALCANCE**

Con el presente proyecto se pretende obtener conclusiones teóricas que permitan determinar si es factible o no implementar un Centro de Servicios de Soldadura en la ESPE. Todos los resultados serán del tipo cuantitativo y cualitativo.

Los resultados cuantitativos serán datos estadísticos, indicadores financieros y económicos y demás información que será determinante para tomar decisiones para la ejecución del proyecto.

Los resultados cualitativos estarán orientados a dar soluciones en el tipo de maquinaria y equipo, distribución de los espacios físicos, planes curriculares, especificación de códigos y normas necesarios, planes de implementación y análisis y propuestas de solución en el aspecto medio ambiental.

Es decir, es un proyecto previo que permitirá tomar decisiones sobre la implementación de un Centro de Servicios de Soldadura en la ESPE, por parte de las autoridades y profesionales.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Dentro de la evolución de la Industria la Soldadura ha desempeñado un papel importante y significativo, debido a que los procesos de manufactura inmersos en ella emplean masivamente sus técnicas en diversas formas y aplicaciones. Por tanto es primordial promover el desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas relacionadas con la Soldadura.

En el Ecuador existen varios proyectos en ejecución y otros a futuro en los cuales se pretende aprovechar el recurso hidráulico con la construcción de importantes proyectos como Mazar, San Francisco, Sibimbe, Machala Power, Perlabí, entre otros. Además existen otros proyectos en el sector minero y petrolero cuyo Plan de Reactivación comprende la licitación de los campos marginales, la reactivación de los campos en producción, el desarrollo de los proyectos Ishpingo-Tambococha-Tiputini (ITT), Oglán y Pungarayacu, así como la modernización de las refinerías.

Todos estos proyectos nacionales de gran envergadura crean la necesidad de utilizar varios tipos de servicios en distintas áreas que ayuden en la ejecución de estos proyectos.

Otro aspecto de importancia relacionado, es la Inspección de los trabajos realizados por soldadura, ya que la calidad de las juntas en cualquier aplicación es de vital importancia, para asegurar el comportamiento de la soldadura hasta ser retirada del servicio. Un ejemplo palpable dentro de nuestro país se puede ver en la construcción del puente de entrada a Baños, los malos procesos de inspección y soldadura han provocado que la vida útil del mismo se reduzca, haciendo que la estructura falle progresivamente.

La forma de cómo la ESPE y particularmente la FIME pueden contribuir con el desarrollo de los proyectos y las necesidades anteriormente señaladas, concretamente en el área de soldadura, es mediante la creación de un Centro de Servicios que permita calificar y certificar personal, procesos y consumibles y otros tipos de servicios que garanticen la calidad de las juntas soldadas. Con la creación de este centro se puede obtener beneficios económicos para la Facultad y por tanto para la Universidad, con lo que se mantiene el prestigio de la ESPE en la formación de profesionales al servicio del País, ratificando su empeño en la vinculación con la comunidad.



## **CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PROCESOS DE SOLDADURA, CLASIFICACIÓN, APLICACIONES Y REQUERIMIENTOS**

*Definición.*- La soldadura es un proceso de manufactura y mantenimiento, cuyo objetivo fundamental es unir dos metales empleando calor y/o presión, fusionando o no sus superficies adyacentes. Este proceso puede utilizar diversos métodos así como también diferentes materiales de aporte, gases combustibles, químicos, polvos, entre otros y es altamente empleado en la Industria debido a sus bajos costos y rapidez.

A continuación se describirán los procesos más importantes de soldadura con su respectiva clasificación, así como también sus requerimientos y aplicaciones en de la industria.

Los procesos de soldadura se pueden dividir en siete grandes grupos:

1. Soldadura de Arco (AW)
2. Soldadura con Gas Combustible y Oxígeno (OFW)
3. Soldadura por Resistencia (RW)
4. Soldadura Fuerte (B)
5. Soldadura Blanda (S)
6. Soldadura de Estado Sólido (SSW)
7. Otros Procesos de Soldadura

Cada uno de estos grupos de procesos de soldadura se dividen en varios subgrupos, dependiendo de la técnica y elementos que empleen, basándose en los principios propios del grupo al que pertenecen pero con el mismo objetivo final que es el de unir dos metales.

#### **2.1.1 SOLDADURA POR ARCO (AW)**

En este proceso de soldadura dos metales son unidos mediante un arco eléctrico (entre un electrodo y los metales por soldar). El arco eléctrico es un fenómeno que se produce por la resistencia que presentan los metales al paso

de electricidad ocasionando su calentamiento. A mayor resistencia al paso de corriente mayor será el calor generado, produciéndose por tanto la fusión del material de aporte y el material base, y así su unión.

Los requerimientos básicos para un proceso de soldadura por arco son: *Fuente de energía eléctrica, Pinza de Tierra, Cable de Tierra o de la Pieza de Trabajo, Portaelectrodo, Cable del Electrodo, Cilindros con Gases (para algunos procesos), Pieza de trabajo y Equipo de Seguridad.*

### **CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR ARCO (AW)**

- Soldadura con arco metálico y gas (GMAW)
- Soldadura de arco de tungsteno y gas (GTAW)
- Soldadura de arco con plasma (PAW)
- Soldadura de arco metálico protegido (SMAW)
- Soldadura de arco de espárragos (SW)
- Soldadura de arco sumergido (SAW)
- Soldadura con hidrógeno atómico (AHW)
- Soldadura de arco de carbón (CAW)
- Soldadura de arco metálico con electrodo desnudo (BMAW)
- Soldadura de arco con núcleo de fundente (FCAW)

De los procesos mencionados se describirán a continuación los más utilizados industrialmente.

#### **SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y GAS (GMAW).-**

Es también conocido como proceso MIG o con metal y gas inerte. Es un proceso de soldadura de CD con PI en el cual se produce un arco eléctrico entre el material base y el material de aporte (electrodo consumible, sólido y desnudo) utilizando la protección externa de un gas (generalmente bióxido de carbono).

#### **SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y GAS (GTAW).-**

Es conocido también como proceso TIG o con tungsteno y gas inerte, es un tipo de soldadura con arco eléctrico de tungsteno (electrodo de tungsteno no

consumible) protegida por una atmósfera de gas inerte. El metal de aporte puede ser una varilla o alambre separado y la protección gaseosa puede ser de helio o argón, solos, juntos o mezclados con otro gas. El proceso requiere cuidado y habilidad, ya que se requiere una mano para manipular el soplete y la otra para alimentar el metal de aporte. Sin embargo hace soldaduras limpias y confiables.

### **SOLDADURA DE ARCO CON PLASMA (PAW).-**

El plasma es un gas ionizado a elevada temperatura que se puede dar en cualquier arco eléctrico. Si se inyecta una corriente de gas y se hace que el arco fluya a través de un obstáculo, la densidad de la corriente del arco y la velocidad del gas se elevan, aumentando por tanto la ionización y la temperatura del gas haciendo que las partículas excitadas liberen grandes cantidades de energía cuando se convierten en átomos. Ésta cantidad de energía puede llegar a fundir o vaporizar la mayor parte de materiales, sin embargo este proceso es apto para soldar.

### **SOLDADURA DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO (SMAW).-**

En la soldadura por arco metálico protegido, el electrodo de metal es fundido progresivamente por el arco y le hace avanzar para mantener la longitud del mismo. El metal fundido debe aislarse del aire (oxígeno y nitrógeno) por lo que se utilizan electrodos revestidos que proporcionan una nube gaseosa protectora alrededor del metal junto con la escoria que flota en la parte superior del metal fundido. Además, el recubrimiento puede desempeñar otras funciones como son: la adición de desoxidantes o limpiadores para refinar la estructura granular del metal de la soldadura y la formación de una película de escoria, de endurecimiento rápido, que protege la zona fundida de la soldadura.

Las unidades básicas para el proceso SMAW son: una fuente de corriente llamada máquina soldadora, cables conductores, alambres o puntos (uno a tierra y uno al electrodo), un portaelectrodo, un electrodo y la pieza de trabajo. Este proceso se lo hace comúnmente sobre una mesa metálica a la cual se conecta la pinza de tierra y sobre la cual se sujeta la pieza de trabajo. El trabajo del soldador consiste en seleccionar el electrodo correcto, ajustar la

máquina al amperaje adecuado, establecer y mantener el arco y soldar en la posición apropiada para el trabajo.

### **SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW).-**

En la soldadura con arco sumergido se vierte fundente granular sobre el área de soldadura, anticipándose al movimiento del arco. El electrodo es un alambre desnudo que se alimenta automáticamente en el mantillo de fundente. Se derrite el fundente alrededor del arco y protege a éste y a la soldadura; luego se deposita como escoria en la parte superior de la soldadura cuando se enfría.

### **SOLDADURA DE ARCO CON NÚCLEO DE FUNDENTE (FCAW).-**

Proceso de soldadura por arco, entre un electrodo tubular con metal de aporte continuo y el baño de soldadura fundido. El proceso se utiliza con gas de protección que proviene de un fundente que se encuentra dentro del electrodo tubular, con o sin protección adicional de un gas suministrado externamente y sin la aplicación de presión.

### ***APLICACIONES DE LA SOLDADURA POR ARCO***

- La principal aplicación del proceso CAW es el corte o el ranurado tipo gubia.
- El proceso GMAW o MIG por rocío puede ser utilizado para soldar planchas gruesas en posición plana u horizontal.
- El proceso MIG por corto circuito es adecuado para soldar secciones delgadas en cualquier posición.
- Las aplicaciones aeroespaciales y otras aplicaciones críticas son propias del proceso TIG o GTAW.
- El proceso AHW es utilizado para soldaduras profundas, como en bloques de dados y para aleaciones a alta temperatura, en particular para el acabado.
- El proceso GMAW es rápido, versátil y se aplica para las soldaduras semiautomáticas en todas posiciones.
- Para soldar hojas de acero inoxidable de dimensiones mínimas (um) se utiliza el proceso PAW.

- El proceso SAW es útil para soldar placas de acero pesado, como las de barcos. Sus aplicaciones son primordialmente soldaduras en línea recta.
- Algunas de las estructuras soldadas por este método son: tanques, puentes, calderas, edificios, tuberías, maquinaria, muebles y barcos. Casi todos los metales pueden soldarse por una o más de las formas de soldadura de arco eléctrico.

### **EQUIPOS PARA LA SOLDADURA DE ARCO**

Los tamaños de las soldadoras por arco eléctrico vienen expresados en amperes. Una máquina de 100 a 200 A es pequeña pero portátil y satisfactoria para una soldadura manual ligera. Un tamaño de 300 a 400 A es adecuado para la soldadura manual de piezas de trabajo promedio como arcos, estructuras y tuberías.

La máquina de soldar que se requiere para el proceso de soldadura de arco de tungsteno (TIG) puede ser un rectificador de CA/CD o un generador de CD, el cual puede ser accionado por un motor eléctrico o por un motor de combustión interna. Las fuentes de energía diseñadas específicamente para soldadura TIG tienen incorporado un estabilizador de alta frecuencia en el circuito de CA.

La fuente de energía que se emplea para el proceso de soldadura de arco metálico con gas (MIG) se llama fuente de energía del tipo de voltaje constante (VC). Puede ser ésta un rectificador de CD o un generador movido por motor eléctrico o por motor de combustión interna.

Las fuentes de energía que se emplean para la soldadura de arco sumergido son motores – generadores y transformadores – rectificadores para entrega de CD, y transformadores para entrega de CA.

La soldadura por arco con plasma se considera generalmente como un refinamiento del proceso de soldadura por arco de tungsteno y gas (TIG). Utiliza las mismas fuentes de poder; pero en vez de un gas inerte (argón o helio), utiliza un gas formador de plasma, como el nitrógeno o el hidrógeno.

### **2.1.2 SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO (OFW)**

En este proceso de soldadura, se funden las piezas de trabajo con el calor de una llama, sin electricidad. La llama se produce por la combustión de un gas combustible con aire u oxígeno. La mayoría de la soldadura por gas ha sido reemplazada por la soldadura con resistencia y de arco eléctrico que son más rápidas, pero la soldadura con gas aún tiene usos importantes. Sus temperaturas son más bajas y controlables, lo que es necesario para un trabajo delicado, como para hojas de metal y tuberías. Se pueden soldar la mayoría de los materiales comunes. El equipo es poco costoso, adaptable, normalmente portátil y sirve adecuadamente en muchos trabajos y talleres generales de reparaciones.

#### **MATERIALES Y EQUIPO PARA EL PROCESO OFW**

El equipo para el proceso OFW consta de una fuente de suministro de gas, reguladores para el control de la presión del gas, mangueras, sopletes, un encendedor para sopletes, gafas de protección y varillas de soldadura.

A continuación se describirán los elementos más importantes dentro del equipo para el proceso OFW:

Soplete. - Es la parte más importante del equipo de soldadura a gas. El soplete mezcla y controla el paso de los gases, para producir la llama requerida. Un soplete está formado por un cuerpo con dos válvulas de admisión, una cámara mezcladora y una boquilla. El soplete proporciona el medio para mezclar el oxígeno y el gas combustible y obtener la mezcla correcta en la boquilla. Hay dos tipos básicos de sopletes: el de presión equilibrada y el de inyector.

Reguladores. - Los reguladores cumplen dos funciones básicas: reducir la presión del cilindro a un nivel aceptable para los sopletes y mantener una presión constante en el soplete. Los reguladores más comunes son los de oxígeno (color verde y rosca derecha) y acetileno (color roja y rosca izquierda). Los reguladores o válvulas automáticas de reducción, deben usarse sólo con los gases para los que están diseñados y marcados. Deben usarse únicamente para los intervalos de presión y gasto indicados por el fabricante.

Cilindros.- El oxígeno se obtiene en cilindros de acero de 20 a 300 pies cúbicos de capacidad, con presiones hasta de 2200 psi. Los cilindros son generalmente de color verde y tienen una cubierta protectora, también verde. Los cilindros de acetileno son generalmente rojos, y están presurizados a 250psi. Un cilindro de gas comprimido debe mostrar en forma legible el nombre químico del gas que contiene. Los cilindros deben siempre almacenarse y usarse en posición vertical. Durante el almacenaje, y mientras están en uso, todos los cilindros deben sujetarse firmemente a un objeto rígido.

### **CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO (OFW)**

- Soldadura con aire y acetileno (AAW)
- Soldadura oxiacetilénica (OAW)
- Soldadura con oxihidrógeno (OHW)
- Soldadura a gas con presión (PGW)

El principio básico de funcionamiento de los métodos de soldadura por el proceso OFW, es similar para todos con mínimas diferencias, por este motivo se definirá al más común de todos que es la Soldadura Oxiacetilénica (OAW).

### **SOLDADURA OXIACETILÉNICA (OAW)**

La soldadura oxiacetilénica en general se hace manualmente. Por medio de un regulador se reduce primero la presión del gas que viene del cilindro del acetileno o del cilindro del oxígeno. Los medidores que se encuentran en cada tanque muestran las presiones del tanque y de la manguera. Las mangueras conducen el gas hasta el soplete o antorcha que sostiene el operador. El soplete mezcla los dos gases apropiadamente y los lleva a la flama. El soplete está formado por válvulas reguladoras, un cuerpo, una cabeza mezcladora y la boquilla.

### **APLICACIONES DE LA SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO**

- La soldadura oxiacetilénica (OAW) es utilizada para cortar metales ferrosos.

- La llama oxhídrica (proceso OHW) se emplea para soldar metales de bajos puntos de fusión, como el plomo y para soldar lámina delgada de aluminio.
- En el proceso OAW, se puede emplear una llama ligeramente oxidante para la soldadura fuerte y el revestimiento con bronce, y, a veces se emplea una llama todavía más oxidante para soldar latón, bronce y cobre.
- Para la soldadura de barriles de acero, tubería, tubos para riego y perfiles especiales hechos con acero y muchas aleaciones se emplea la soldadura mecanizada con oxígeno y gas combustible (OFW).
- El proceso oxiacetilénico se usa comúnmente para procesos tales como el de temple a la llama (temple de piezas o regiones vaciadas en fundición gris, piezas vaciadas de hierro nodular y piezas vaciadas de hierro perlítico con contenidos de carbono), el de recocido a la llama (ablandamiento de piezas endurecidas), la preparación primaria a la llama (se utiliza equipo oxiacetilénico especializado para preparar las superficies de estructuras grandes como puentes, tanques de almacenamiento, barcos, entre otros), el endurecido a la llama, el conformado, el doblado y el enderezado (se utiliza la llama de gas combustible y oxígeno para calentar partes metálicas tales como herrajes ornamentales, carrocerías de camiones, tanques, hierro angular, y piezas metálicas similares antes de darles forma y/o emprender su fabricación).

### **2.1.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW)**

La soldadura por resistencia es un proceso que se efectúa a máquina y se logra por el calor generado por la resistencia ofrecida por las piezas de trabajo al paso de la electricidad por el lugar indicado, y la fusión producida por la presión de los electrodos de contacto.

La soldadura por resistencia eléctrica usualmente se hace con CA que se toma de la línea, se reduce mediante un transformador y se aplica por un lapso de tiempo controlado por un temporizador o cronómetro.

El calor generado en un circuito es:

$$H = I^2 \cdot R \cdot T \cdot K \quad (2.1)$$



Donde: **(I)**, corriente en Amperes; **(R)**, resistencia en Ohms; **(T)**, tiempo de duración del flujo de corriente en Segundos, **(K)**, factor de conversión de Kw a la unidad de calor deseada

Los electrodos que conducen la electricidad para el trabajo también presionan las piezas. Los electrodos son de cobre aleado con metales como el molibdeno y tungsteno, con alta conductividad eléctrica, buena conductividad térmica y suficiente resistencia mecánica para soportar las altas presiones a que se someten. Los electrodos deben tener enfriamiento por agua. Es necesario trabajar con superficies tersas y limpias y con alta presión en los electrodos.

### **EQUIPO PARA EL PROCESO RW**

No existe una máquina universal que haga toda clase de soldadura por resistencia eléctrica, para las diversas formas de equipo tienen varias características comunes, así: *una fuente de energía, un sistema de controles, un impulsor mecánico y una estructura*. La capacidad de la máquina soldadora por resistencia eléctrica se designa en kilovolt – amperes (kVA). La calificación se basa en un ciclo de servicio del 50%. Las máquinas soldadoras por resistencia eléctrica cuentan con dispositivos para ajustar la cantidad y duración del flujo de la corriente, a fin de adaptarse a los diversos trabajos y condiciones.

### **CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW)**

- Soldadura por arco con presión (FW)
- Soldadura por resistencia con alta frecuencia (HFRW)
- Soldadura por percusión (PEW)
- Soldadura de resalto (RPW)
- Soldadura de costura por resistencia (RSEW)
- Soldadura de puntos por resistencia (RSW)
- Soldadura recalcada (UW)

El proceso de soldadura de puntos por resistencia es el más común por lo que se lo describe a continuación:

### **SOLDADURA DE PUNTOS POR RESISTENCIA (RSW)**

Es el proceso que más se aplica entre las de soldadura por resistencia. La soldadura por puntos consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre, y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a su soldadura o unión. El tamaño y la forma de los electrodos determinan el tamaño y la forma de las soldaduras, que suelen ser circulares.

### **APLICACIONES DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA**

- La soldadura por resistencia se utiliza primordialmente en la producción masiva de partes que requieren operaciones de soldadura relativamente sencillas.
- La soldadura por puntos no se ha visto favorecida en la construcción de aviones debido a su bajo periodo útil por fatiga, pero algunas combinaciones de las soldaduras por puntos con enlaces adhesivos se han encontrado satisfactorias.
- Las soldadoras portátiles por puntos se necesitan para los grandes montajes o para sitios a los que resulta difícil llegar, por ejemplo, carros para tren de carga.
- La soldadura de costura por rodamiento es útil para soldar aceros con alto contenido de carbono, los inoxidable y los recubiertos, así como las aleaciones de aluminio, níquel y magnesio. No es recomendable aplicar la soldadura de costura al cobre o las aleaciones con alto contenido de cobre.
- El proceso de soldadura de partes salientes puede ser aplicable en aceros de bajo contenido de carbono, el latón naval, el metal monel (níquel – cobre) y los aceros inoxidable austeníticos.
- La soldadura por arco con presión puede utilizarse para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con ciertas excepciones. Algunas aplicaciones específicas de este proceso son las juntas biseladas entre extrusiones de marcos de ventana, los cigüeñales muy grandes, los elementos de montaje de los motores a chorro, las bardas de acero para el

conformado de contornos a rodillo de los arillos para ruedas automotrices y otras partes.

- Por el proceso de soldadura a tope con recalcado se pueden soldar gran variedad de materiales en forma de alambre, varilla y tubo. Los materiales comprenden, entre otros: las aleaciones de aluminio, latón, cobre, oro, las aleaciones de níquel, los aceros inoxidable y los aceros con bajo y alto contenido de carbono.

#### **2.1.4 SOLDADURA FUERTE (B)**

La soldadura fuerte es un proceso en el que se produce coalescencia mediante calentamiento a temperaturas adecuadas por encima de los 430 °C, y la utilización de un metal de aporte no ferroso con punto de fusión inferior al del metal base, distribuyéndose el metal de aporte entre las superficies perfectamente ajustadas de la junta por atracción capilar. La limpieza de las uniones es esencial para lograr una buena soldadura. Por lo general, es necesario emplear un fundente o determinada atmósfera para controlar la limpieza de la superficie.

#### **CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA FUERTE (B)**

- Soldadura fuerte de arco (AB)
- Soldadura fuerte de bloque (BB)
- Soldadura fuerte por difusión (DFB)
- Soldadura fuerte por inmersión (DB)
- Soldadura fuerte de flujo (FLB)
- Soldadura fuerte en horno (FB)
- Soldadura fuerte por inducción (IB)
- Soldadura fuerte infrarroja (IRB)
- Soldadura fuerte por resistencia (RB)
- Soldadura fuerte a soplete (TB)
- Soldadura fuerte con arco de carbones gemelos (TCAB)

#### ***APLICACIONES DE LA SOLDADURA FUERTE***

- El proceso de soldadura fuerte a soplete es aplicable en ensambles en los que es impráctico el auto acomodo, en ensambles que requieran

considerable emplantillado y en pequeñas campañas de producción, en las que el bajo costo del equipo compense las desventajas inherentes.

- El proceso de soldadura fuerte por resistencia se aplica en donde se necesiten combinaciones de calor y presión para asegurar una buena junta y en partes pequeñas, especialmente componentes eléctricos, unidos con plata y cobre fosforado.
- Cuando la soldadura fuerte se aplica por medio de quemadores de gas radiante es útil en la producción masiva de partes pequeñas y en la soldadura fuerte con plata y cobre fosforado, cuando las partes se fabrican con base en línea de producción.
- El proceso de soldadura fuerte por inmersión es aplicable en ensambles que se presten a suspensión en dispositivos y para partes que requieran de calentamiento rápido.
- El proceso de soldadura fuerte por horno es aplicable en procesos de soldadura fuerte con cobre, en juntas múltiples o inaccesibles, en la producción masiva en la que el ensamble permita el uso de dispositivos o el autopositionado.
- El proceso de soldadura fuerte por inducción es útil en aplicaciones en las que la junta no sea demasiado profunda y los componentes no sean demasiado pesados y en procesos de soldadura fuerte con palta para producción masiva.
- El proceso de soldadura fuerte por inmersión en metal fundido tiene aplicaciones como canastos de alambre y ensambles hechos de tiras metálicas angostas.

### **2.1.5 SOLDADURA BLANDA (S)**

El proceso de soldadura blanda se da a temperaturas menores a 450°C, muy por debajo de los metales base. El principal material de aporte es el estaño por lo que muchas veces a este tipo de soldadura también se le conoce con el nombre de soldadura de estaño. En este proceso se produce una acción metalúrgica o de disolvente entre la soldadura y el metal que se está uniendo. La junta es de carácter más químico que puramente físico, porque la unión se forma en parte por acción química (capilaridad) en vez de por la mera atracción física.

### ***CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA BLANDA (S)***

- Soldadura blanda por inmersión (DS)
- Soldadura blanda en horno (FS)
- Soldadura blanda por inducción (IS)
- Soldadura blanda infrarrojo (IRS)
- Soldadura blanda con caudín (INS)
- Soldadura blanda por resistencia (RS)
- Soldadura blanda con soplete (TS)
- Soldadura blanda por ondas (WS)

### ***APLICACIONES DE LA SOLDADURA BLANDA***

Algunas de las aplicaciones típicas de este proceso son:

- Para recubrimiento de metales y soldadura diferencial.
- Para recubrimiento y unión de metales.
- Soldadura para uso general.
- Para sellado hermético.
- Para aplicaciones especiales de soldadura.
- Para soldadura a baja temperatura.
- Soldadura eutéctica de punto de fusión fijo.
- Para aplicaciones especiales de soldadura.

### **2.1.6 SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO (SSW)**

La soldadura de estado sólido se lleva a cabo mediante varios procesos de soldadura en los que la fusión se produce esencialmente a temperaturas inferiores al punto de fusión de los metales de base que se están uniendo, sin adición de metal de aporte. En estos procesos puede o no utilizarse presión. Para unir metales en el estado sólido es necesario lograr un contacto mecánico íntimo, mediante la preparación cuidadosa de las superficies por unir.

### ***CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO (SSW)***

- Soldadura en frío (CW)

- Soldadura por difusión (DEW)
- Soldadura por explosión (EXW)
- Soldadura por forjado (FOW)
- Soldadura por fricción (FRW)
- Soldadura por presión en caliente (HPW)
- Soldadura con rodillos (ROW)
- Soldadura ultrasónica (USW)

## **APLICACIONES DE LA SOLDADURA DE ESTADO SÓLIDO**

- El procedimiento de soldadura con presión aplicada en frío es óptimamente adecuado para la unión del aluminio de alta pureza y del de pureza comercial; de otros metales no ferrosos, como las aleaciones de aluminio, el cadmio, el plomo, el cobre, el níquel, el zinc y la plata; o las combinaciones de metales no ferrosos de dureza diferente.
- Mediante la soldadura por fricción se pueden unir metales comunes y poco comunes en parejas semejantes o diferentes en secciones esencialmente redondas de hasta 100mm sólidos de diámetro en una máquina estándar.
- Entre los usos más importantes del proceso de soldadura sólida por difusión se tiene la soldadura de metales que no se funden con rapidez, como el circonio y el berilio, usados en los componentes de los reactores nucleares, y el tungsteno empleado en partes que se usan en las industrias aeroespaciales, en capas alternadas de metales no semejantes cuyo fin es lograr una alta resistencia a temperaturas elevadas y en estructuras delgadas en forma de panel.
- Entre las aplicaciones del proceso de soldadura explosiva se incluye el enchapado de hojas (hasta de 3x9m) y de piezas forjadas sencillas, el revestimiento y unión de tubos y la combinación de metales no semejantes en lingotes y partes diversas. Su principal aplicación por tonelaje ha sido el recubrimiento de hojas de cuproníquel para la producción de monedas en los Estados Unidos.
- El proceso de soldadura ultrasónica es ventajoso para alambres delgados, laminillas y hojas de metales suaves, porque no ocurre fusión, así por ejemplo este proceso es útil dentro de la industria electrónica.

### **2.1.7 OTROS PROCESOS DE SOLDADURA**

Existen otros procesos para unir o soldar metales, los cuales no se los puede clasificar dentro de los grupos anteriormente estudiados, por lo que es necesario separarlos en una agrupación diferente, así:

- Soldadura por haz de electrones (EBW)
- Soldadura de electroescoria (ESW)
- Soldadura de flujo (FLOW)
- Soldadura por inducción (IW)
- Soldadura por haz de rayos láser (LBW)
- Soldadura por termita (TW)

### ***APLICACIONES DE OTROS PROCESOS DE SOLDADURA***

- La soldadura hecha con haz de electrones al alto vacío ha encontrado extensa aplicación en las industrias de energía nuclear, la electrónica y la microelectrónica. Los métodos de vacío mediano y de vacío nulo se aplican mucho en las industrias aeroespacial y automotriz.
- La soldadura de electroescoria se emplea tanto en aplicaciones de taller como de campo, en la construcción de máquinas. También es útil en la fabricación de Calderas y Recipientes sujetos a presión en la industria química, del petróleo, marina y de generación de energía.
- El proceso de soldadura por haz de rayos láser se utiliza en uniones de metales similares y diferentes, inclusive materiales tales como cobre, níquel, tántalo, acero inoxidable, Dumet, Kovar, aluminio, tungsteno, titanio, columbio, circonio y superaleaciones.
- La soldadura por termita se aplica mayormente en unión de secciones pesadas. Entre los trabajos típicos se encuentra la unión de cables, conductores, carriles, rieles, cruces, cigüeñales, rodillos para laminación, rodas, codastes para barcos, varillas de refuerzo de concreto, flechas o árboles y bastidores de maquinaria rota, así como en la reconstrucción de engranes grandes.

Para un estudio más profundo de los procesos y subprocesos de soldadura consulte la siguiente bibliografía: Manual del Ingeniero Mecánico de Marks,

## **2.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

### **2.2.1 VENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

- La soldadura de arco (AW) o soldadura eléctrica es el proceso de más amplia aceptación, el más económico, el más natural y el más práctico para unir metales.
- La soldadura con arco eléctrico tiene la ventaja de ser muy versátil y adecuada para hacer soldaduras en diversas condiciones, producir soldaduras de alta calidad, depositar el metal con rapidez y ser muy competitiva en cuanto al costo con relación a otros procesos de soldadura.
- Casi todos los metales pueden soldarse por una o más de las formas de soldadura de arco eléctrico.
- La soldadura con arco eléctrico por hidrógeno atómico da soldaduras excepcionalmente limpias.
- La soldadura con arco y plasma es de dos a cinco veces más rápido que el proceso de soldadura TIG o GTAW.
- La soldadura con arco metálico, con gas, semiautomática, con frecuencia es más rápida globalmente que la soldadura con arco sumergido, ya que el operador puede ver la soldadura y no tiene que retirar escoria o virutas, ni necesita limpiar fundente.
- La soldadura con arco sumergido tiene la ventaja de que no presenta pérdidas por salpicadura, en tanto que la pérdida de metal puede ser tanto como el 10% para la soldadura con arco metálico con gas.
- El proceso manual de soldadura por arco protegido con dióxido de carbono es en el que menos tiempo se pierde, debido principalmente a que no se maneja fundente o escoria.
- La soldadura con gas combustible y oxígeno es con frecuencia más eficaz que los demás procesos en el caso de aplicar soldadura en lugares difíciles de alcanzar, o con metales que tienen puntos de fusión más bajos, tales como el plomo o metales en lámina delgada.



- El equipo para el proceso de soldadura con gas combustible y oxígeno es relativamente de bajo costo y fácil de operar.
- En el proceso por resistencia eléctrica (RW) el calor se ubica en donde se necesite, la acción es rápida, no se necesita metal de aporte, la operación requiere poca habilidad y se automatiza con facilidad, lo que hace del proceso adecuado para la producción en grandes cantidades.
- Con el proceso RW se pueden soldar todos los metales comunes y los que no son semejantes, aunque para algunos de ellos se necesitan precauciones especiales.
- Por medio del proceso RW, normalmente, no se daña el metal de las piezas por soldar y no se pierde ninguno y pueden procesarse muchas formas y secciones difíciles.
- El proceso de soldadura fuerte (B) aplicado con soplete es un método flexible, aplicable a una gran variedad de ensambles, el equipo es de bajo costo y el calor generado puede aplicarse en forma localizada.
- El proceso de soldadura fuerte por resistencia (RB) es ventajoso ya que el operador tiene un periodo corto para el adiestramiento, el equipo es de bajo costo y sencillo, el calentamiento es rápido y localizado, su régimen de producción es moderado y es efectivo para soldaduras largas de costura.
- Las ventajas del proceso de soldadura fuerte por medio de quemadores de gas radiante son: los operadores del proceso no necesitan ser especializados, el calentamiento es localizado y rápido y es ideal para producción masiva.
- El proceso de soldadura fuerte por inmersión (DB) tiene un control exacto de la temperatura, un calentamiento rápido y no necesita fundente para algunas aplicaciones.
- En el proceso de soldadura fuerte en horno (FB) no se producen esfuerzos residuales, es excelente para la producción masiva, tiene un calentamiento uniforme por lo que reduce la deformación, mantiene un control de la carburización o descarburización, produce superficies brillantes y se puede tener un control exacto de la temperatura.

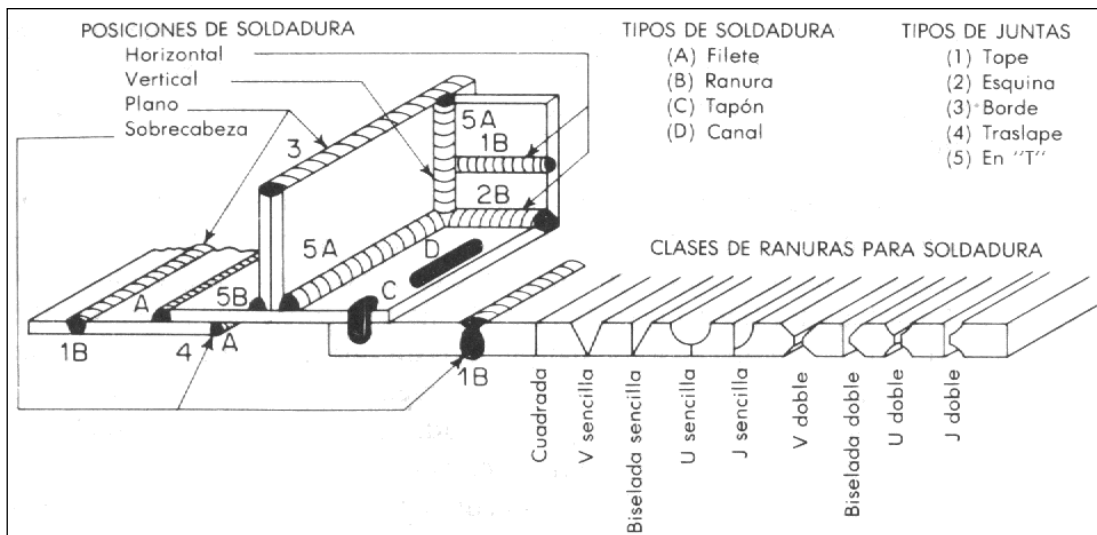
### **2.2.2 DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

- El proceso de soldadura de arco metálico protegido (SMAW) requiere de un subproceso adicional que es la limpieza de escoria.
- La soldadura con arco eléctrico por hidrógeno atómico (AHW) es costosa y no se utiliza mucho.
- El equipo para el proceso de soldadura con arco y plasma (PAW) cuesta el doble o más que el equipo de soldadura TIG.
- En el proceso SMAW, el trabajo manual es inherentemente lento de repetir, se necesitan descartar los extremos adheridos e interrumpir el trabajo y hay un límite humano definido para la velocidad a la cual se puede depositar el metal de aporte.
- Uno de los principales problemas con que se tropieza en la soldadura por arco de carbón es el de la estabilización del arco.
- Las desventajas de la soldadura con gas combustible y oxígeno (OFW) giran en torno al hecho de que ciertos metales reaccionan desfavorablemente, y hasta violentamente, en presencia del carbono, el hidrógeno o el oxígeno, todos ellos presentes en el proceso OFW.
- En el proceso de soldadura oxiacetilénica (OAW) la desventaja principal es el gas combustible, el acetileno, ya que es un gas peligroso que necesita manejo cuidadoso.
- La desventaja principal de la soldadura por resistencia eléctrica (RW) es que el costo del equipo es alto. Para justificar la inversión se debe tener dispuesto mucho trabajo. Algunos trabajos requieren equipo especial, como accesorios, que añaden un costo apreciable a la inversión. Se necesita mucha habilidad para preparar y mantener el aparato.
- Las desventajas procedentes del proceso de soldadura fuerte a soplete (TB) son: la pieza de trabajo se oxida, se requiere operador con habilidad, el proceso es relativamente lento, los metales base son limitados, las juntas múltiples o inaccesibles no pueden soldarse y el calentamiento localizado ocasiona deformación.
- En el proceso de soldadura fuerte por resistencia (RB) es necesario el manejo individual, es posible que ocurra deformación y el tamaño del ensamble es limitado.

- En el proceso de soldadura fuerte por quemador de gas radiante, el equipo es costoso, existe algo de deformación, la pieza de trabajo se oxida y es difícil un control exacto de la temperatura.
- Las desventajas en el proceso de soldadura fuerte por inmersión o de baño de sal son: peligro de explosión con partes húmedas, arrastre de sal, las partes deben lavarse y ocurre cierta oxidación durante el periodo de enfriamiento.
- El proceso de soldadura fuerte en horno (FB) requiere de autoposicionado de los componentes, no permite un calentamiento localizado y el equipo es costoso para lotes pequeños.

## 2.3 TIPOS DE JUNTAS Y SIMBOLOGÍA BÁSICA DE SOLDADURA

Las juntas son uniones soldadas, las mismas que pueden realizarse en diferentes posiciones y con distintos tipos de ranuras. La naturaleza de la junta depende de la clase y tamaño del material, del proceso y de la fuerza o resistencia que se requieren. Existen cinco estilos básicos de juntas: *a traslape*, *a tope*, *de esquina*, *de brida o borde* y *en T*.



**Figura 2.1 : Tipos de juntas de soldadura**

Fuente: Materiales y Procesos de Manufactura; DOYLE, Lawrence

Las juntas a traslape están formadas en esencia por dos piezas de metal solapadas o traslapadas, que se unen por fusión. Los materiales de menos de 0.25mm de grueso normalmente se traslapan. Las juntas traslapadas son mejores para la mayoría de las soldaduras a presión y por resistencia de hojas y para la soldadura mediante haz electrónico en donde no se añade metal de aporte.

La soldadura de una junta a tope está comprendida entre los planos de las superficies de las dos partes. Las juntas a tope pueden ser simples, escuadradas, biseladas, en V, de ranuras de una sola J, de ranura de una sola U, o dobles. Las uniones o juntas a tope se usan para los aceros de alta resistencia debido a que se inspeccionan con mayor facilidad e implican patrones más sencillos de tensión o resistencia que los traspales.

Las juntas de esquina son lo que implica su nombre: soldaduras hechas entre dos partes situadas a un ángulo de 90 grados. Estas pueden ser de medio traslape, de esquina a esquina, o de inserción completa, y pueden prepararse para formar un solo bisel, una sola V, o ranuras de una sola U.

Las juntas de brida, borde o juntas de orilla, resultan de la fusión de la superficie adyacente de cada parte, de manera que la soldadura quede dentro de los planos superficiales de ambas partes.

Las juntas en T son precisamente lo que su nombre indica, pero también pueden ser de un solo bisel, de doble bisel, de una sola J y de doble J.

Los símbolos básicos de soldadura con arco y gas de acuerdo a la AWS son:

Filete	Tapón o ranura	Punto o resalto	Costura	Ranura								Respaldo	Fusión pasada	Revestimiento	Brida	
				Cuadrada	En V	Bisel	U	J	abocinada V	Bisel abocinado	Borde				Esquina	

**Figura 2.2: Símbolos básicos de soldadura con arco y gas (AWS)**

Fuente: Manual del Ingeniero Mecánico; MARKS

## SIMBOLOGIA DE SOLDADURA

Los símbolos en la soldadura representan el lenguaje que utilizan los diseñadores y los ingenieros para transmitir la precisa metodología necesaria para que un soldador produzca una soldadura apropiada para la pieza de trabajo.

De acuerdo a la AWS, la junta es usada como base de referencia. Toda junta cuya soldadura se indique por medio de un símbolo tendrá siempre un “lado de la flecha” y un “otro lado”. De acuerdo con lo anterior, se emplean las expresiones lado de la flecha, el otro lado, y ambos lados para localizar la soldadura con respecto a la junta.

## ELEMENTOS DE UN SÍMBOLO DE SOLDADURA

El símbolo de soldadura completo está formado por los siguientes elementos, o por el número de esto que resulte necesario:

- Línea de referencia con flecha
- Símbolos básicos de soldadura
- Las dimensiones y otros datos
- Símbolos suplementarios
- Símbolos de acabado
- Cola (contiene especificaciones, el proceso y otras referencias)

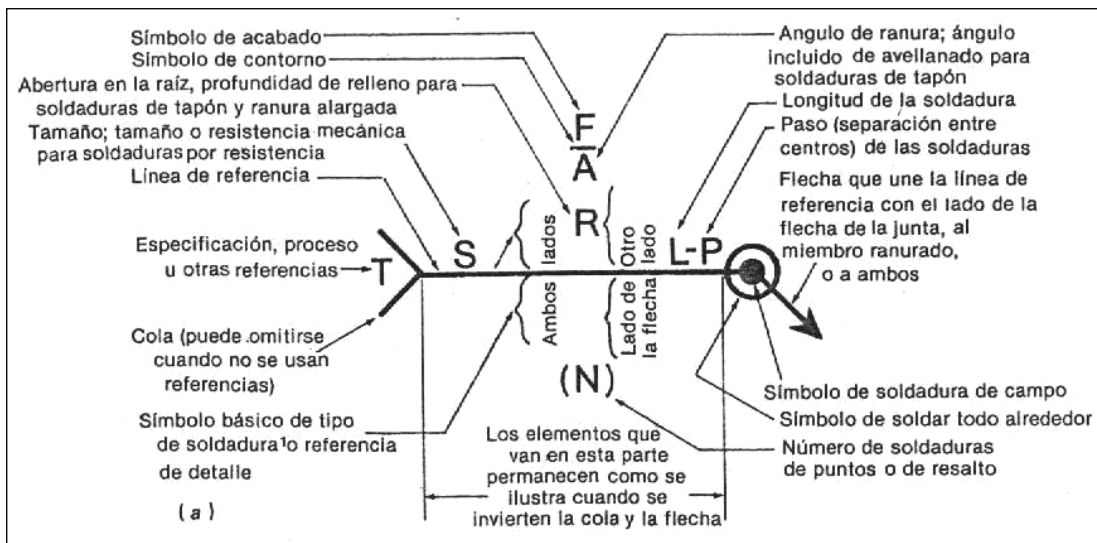
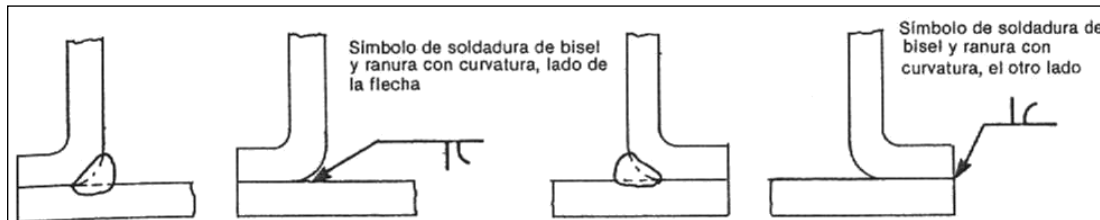


Figura 2.3: Simbología de los elementos que intervienen en la soldadura

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Heary

Para indicar la localización de una soldadura, se traza una flecha con la cabeza apuntando directamente a la junta en la que ha de hacerse la soldadura. La colocación del símbolo puede usarse para indicar el lado de la flecha, el otro lado o ambos lados de la junta.



**Figura 2.4: Localización y significado de la flecha en los símbolos de soldadura**

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Heary

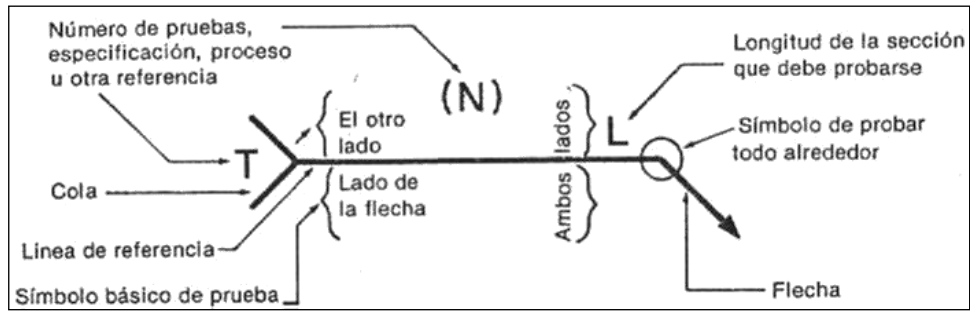
Cuando se emplea una especificación, un proceso, o alguna otra referencia con un símbolo de soldadura, dicha referencia se coloca en la cola. En el caso de mostrar el método de aplicación de los procesos de soldadura, se utilizan los siguientes prefijos:

- Soldadura automática            –AU
- Soldadura a máquina           –ME
- Soldadura manual               –MA
- Soldadura semiautomática   –SA

### **SÍMBOLOS PARA INDICAR PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.-**

Los símbolos para pruebas no destructivas, ilustran la forma y el lugar en que han de probarse las soldaduras terminadas sin que sufran daño alguno, para asegurarse que son correctas. El símbolo completo acerca de las pruebas está formado por:

- La línea de referencia con flecha
- Los símbolos básicos de pruebas
- El símbolo de probar todo alrededor
- El número de pruebas (N)
- La cola



**Figura 2.5: Simbología para pruebas no destructivas**

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Heary

La flecha une la línea de referencia con la parte que ha de probarse. El lado de la parte que ha de probarse, al cual apunta la flecha, se considera como el lado de la flecha. Al lado contrario simplemente se le llama el otro lado. La cola contiene el alcance o grado al que se ha de hacer la prueba, la especificación, el proceso u otras referencias.

La designación mediante letras o abreviaturas de los procesos no destructivos es:

- |                             |    |
|-----------------------------|----|
| - Rayos X                   | RT |
| - Por partículas magnéticas | MT |
| - Por líquido penetrante    | PT |
| - Ultrasonido               | UT |

Tanto los símbolos de pruebas no destructivas como los de soldadura pueden combinarse o utilizarse independientemente.

Para un estudio más profundo a cerca de la Simbología para soldadura y END se puede consultar el Capítulo 3 de Soldadura: Aplicaciones y Práctica de Heary Horwitz.

## **2.4 MATERIALES BASE EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

### **2.4.1 METALES FERROSOS**

Los metales ferrosos constituyen la espina dorsal del mundo industrial. El hierro, en combinación con otros metales y elementos, se transforma en

diferentes clases de acero. Los aceros son aleaciones de base ferrosa, que contienen cantidades significativas de uno o más elementos de aleación.

En el Código para Calderas y Recipientes a Presión de la ASME, Sección II, Parte A, se puede encontrar las especificaciones de Materiales Ferrosos, dónde existen tópicos tales como: manufactura, tratamientos térmicos, composición química, propiedades mecánicas, etc. de los metales ferrosos.

### **ACEROS AL CARBONO.-**

Los aceros al carbono son aquellos en los cuales el carbono es el elemento de aleación que controla en forma esencial las propiedades de las aleaciones y en los cuales la cantidad de Manganeso no puede exceder de 1.65%, el Silicio no más de 0.60% y el Carbono 1.70% como máximo.

Los aceros al carbono que contienen los elementos de aleación en los porcentajes indicados pueden soldarse con facilidad por todos los métodos de soldadura:

Carbono	Entre 0.13 y 0.20%
Manganeso	Entre 0.40 y 0.60%
Fósforo	No más de 0.03%
Silicio	No más de 0.10%
Azufre	No más de 0.035%

Con base en el contenido de carbono, la AWS divide a los aceros al carbono en cuatro grupos:

Aceros con bajo carbono	Hasta 0.15% de carbono
Aceros con contenido bajo-medio de carbono	0.15 a 0.29% de carbono
Aceros con contenido medio de carbono	0.29 a 0.40% de carbono
Aceros con alto carbono	0.45 a 1.70% de carbono

### **ACEROS CON BAJOS CONTENIDOS DE ALEACIÓN.-**

Los aceros con bajo contenido de aleación son aceros al carbono a los que se han agregado elementos de aleación para obtener ciertas propiedades deseables y se clasifican en:

- Aceros estructurales de alta resistencia de baja aleación



- Aceros de aleación para construcción de bajo carbono enfriados rápidamente y revenidos
- Aceros de aleación AISI-SAE
- Aceros de aleación para herramienta

De los cuales mencionaremos los aceros de aleación para herramienta por ser los más utilizados en el Sector Industrial:

Aceros de aleación para herramienta.- Representan un porcentaje pequeño extremadamente importante de la producción total del acero, ya que son esenciales al proceso de todos los otros aceros y materiales de ingeniería. Los aceros para herramientas y matrices pueden ser aceros al carbono o aceros aleados capaces de aceptar temple y revenido, el AISI y la SAE, agrupan los aceros con propiedades semejantes como se indica a continuación:

- Aceros trabajados en frío
  - a) Acero para herramientas endurecido en agua W2-W7
  - b) Acero para herramientas endurecido en aceite O1-O7
  - c) Acero para herramientas endurecido en aire A2-A7
  - d) Acero para herramientas resistente al impacto S1-S5
  - e) Acero para herramientas con alto carbono y alto cromo D1-D7
  - f) Acero para herramientas con carbono-tungsteno F1-F3
  - g) Acero para herramientas de baja aleación para propósito especial L1-L7
  - h) Aceros moldeados de bajo carbono P1-P20, PPT
- Aceros para trabajo en caliente
  - a) Aceros para herramientas para trabajo en caliente H11-H43
- Aceros rápidos para herramientas
  - a) Aceros rápidos con tungsteno para herramientas T1-T15
  - b) Aceros rápidos con molibdeno para herramientas M1-M36

### **ACEROS FUNDIDOS.-**

En general, el acero fundido tiene la misma composición química que el acero laminado, salvo que el primero se vacía en un molde para darle la forma deseada, en vez de hacerlo en lingoteras para ser laminado o estirado en otras formas. Las piezas de acero vaciado se compran generalmente según ciertas

propiedades mecánicas específicas como: resistencia a la tensión, resistencia a la fluencia, reducción de área, etc.

### **HIERRO FUNDIDO.-**

El hierro fundido se clasifica en fundición gris y fundición blanca. Las variedades de fundición gris se usan para aplicaciones como contrapesos de elevadores, puertas de hornos industriales, válvulas a baja presión, tubos de alcantarilla, partes de máquinas, y otras aplicaciones en las que es importante lograr un costo mínimo, y con bajas presiones y cargas estáticas.

### **ACEROS INOXIDABLES.-**

Los aceros inoxidable contienen por los menos 12% de cromo, con o sin adiciones de otros elementos de aleación. La propiedad notable de los aceros inoxidable es su resistencia a la corrosión en muchos, aunque no en todos los medios corrosivos. Además, poseen una adaptabilidad excepcional a los procesos de conformado en frío y en caliente y pueden desarrollar una alta resistencia a la tensión y al movimiento plástico hasta de 350 a 25Ksi, respectivamente a 1000°F.

La composición de los aceros inoxidable se ha normalizado, y a cada aleación se le ha asignado un número específico de tipo AISI, así:

1. Aceros Martensíticos

AISI: 403, 410, 414, 416, 420, 431, 440A, 440B, 440C, 501 y 502

2. Aceros Austeníticos

AISI: 301, 302, 304, 304LC, 308, 309, 310, 316, 316LC, 317, 321 y 347

3. Aceros Ferríticos

AISI: 405, 406, 430, 430F y 446

### **2.4.2 METALES NO FERROSOS**

Los metales no ferrosos se usan puros debido a propiedades superiores como conductividad eléctrica y térmica, resistencia a la corrosión, alta temperatura de fusión, propiedades eléctricas especiales, propiedades ópticas especiales y propiedades típicas especiales. Como el caso de las aleaciones ferrosas, la

aleación de los metales no ferrosos por lo común resulta en propiedades mecánicas mejoradas. Los metales no ferrosos que con más frecuencia se sueldan son el aluminio y sus aleaciones, el cobre y sus aleaciones, el níquel y las aleaciones con alto contenido de níquel, el magnesio y sus aleaciones, el zinc, el titanio y sus aleaciones y los metales preciosos reactivos y refractarios. De los materiales mencionados se describirán los tres primeros grupos por ser los que más destacan.

En la Sección II, Parte B del Código ASME para Calderas y Recipientes a Presión se puede encontrar las Especificaciones de Materiales no Ferrosos, así como también encontrar mayor información en la bibliografía de Heary Horwitz, Soldadura: Aplicaciones y Prácticas.

### **ALUMINIO Y SUS ALEACIONES.-**

El aluminio puro se conoce por su excelente conductividad eléctrica y térmica, resistencia a la corrosión, no es tóxico, tiene alta reflectividad de luz, bajo peso específico y suavidad y ductilidad. Una limitación importante del aluminio es la dificultad de soldarlo o unirlo.

Los tipos comerciales de aluminio y sus aleaciones se denotan con códigos para especificar composición y tratamiento. Se identifica un material dulce por cuatro dígitos seguido por uno o más dígitos o letras. El primer dígito significa el principal elemento de aleación; 1 si no hay ninguno (99% de aluminio o más puro), 2 para el cobre, 3 para el manganeso, 4 para el silicio, etc. Después de la denotación de aleación y un guión, se especifica el recocido con una letra; F como fabricado, O recocido, H endurecido por deformación, W tratado por solución y T tratado térmicamente. Las denominaciones H y T seguidas por dígitos indican el grado del tratamiento. Las indicaciones típicas son 2024-T4 y 7079-W.

Las denominaciones para aleaciones fundidas son un poco diferentes, como se muestra A357.0. El prefijo A indica modificación a la aleación original. El primer dígito indica el elemento de aleación principal, como el primer dígito para una aleación dulce. Los segundos y terceros dígitos son el número de identificación

de la aleación, y el dígito a la derecha del punto decimal (0) especifica una fundición (1 especificaría un lingote y 2 un lingote de composición especial).

### **COBRE Y SUS ALEACIONES.-**

El cobre puro sin aleación se usa para conductores eléctricos en alambre, barras y colectores y por sus propiedades sobresalientes de conductividad eléctrica y de calor, resistencia a la corrosión y facilidad de soldado para tuberías. Las aleaciones de cobre se conocen por su apariencia atractiva y resistencia a la corrosión, que toma cuenta de su uso en gran escala de herrajes, en particular de herrajes marinos. Cada familia de aleaciones y cada aleación dentro de una familia se identifican por un código numérico de tres dígitos, como por ejemplo: 101 a 107 que corresponde a una aleación con 99.95% de Cu. Las aleaciones de cobre-zinc se denominan latones. La mayoría de bronce son aleaciones de cobre con estaño.

### **NÍQUEL Y SUS ALEACIONES.-**

Casi el 60% de todo el níquel producido se usa como elemento de aleación en el acero y el hierro, en particular en los aceros inoxidable austeníticos. El revestimiento electrolítico con níquel consume la segunda cantidad más grande de níquel, seguida por las aleaciones de alto níquel que dan cuenta de cerca del 15% de la producción total de níquel. Los fabricantes de las aleaciones de níquel forjables usan un sistema de numeración de tres dígitos de la ASTM, así: serie 200, serie 300..., y serie 900, dependiendo del tipo de aleación.

## **2.5 CLASIFICACION DE MATERIALES CONSUMIBLES DE LA SOLDADURA**

Los materiales consumibles de la soldadura son los que se van gastando al hacer los trabajos de soldadura, tales como: los electrodos, las varillas de soldadura, los fundentes, los gases consumibles y los gases de protección.

En general todos los metales de aporte se clasifican de acuerdo a una de las especificaciones desarrolladas conjuntamente por las sociedades AWS – ASTM (American Welding Society – American Society for Testing and

Materials), con el fin de lograr un grado de uniformidad en la fabricación de los metales de aporte, por lo tanto, los metales de aporte de diferentes fabricantes dentro de esta clasificación (AWS – ASTM) puede esperarse que tengan las mismas características de soldar. Los metales de aporte y sus especificaciones correspondientes AWS - ASTM son las siguientes:

- Electrodo para soldadura de arco, de acero blando recubierto: A5.1
- Varillas de soldadura de hierro y acero para soldar a gas: A5.2
- Electrodo de aluminio y aleaciones de aluminio para soldadura de arco: A5.3
- Electrodo de acero al cromo y al cromo – níquel, resistentes a la corrosión y recubiertos: A5.4
- Electrodo para soldadura de arco, de acero con bajo contenido de aleación, recubiertos: A5.5
- Electrodo de cobre y aleaciones de cobre para soldadura de arco: A5.6
- Electrodo de cobre y aleaciones de cobre para soldar: A5.7
- Metal de aporte para soldadura fuerte: A5.8
- Varillas de soldadura y electrodos desnudos de acero al cromo y al cromo – níquel, resistentes a la corrosión: A5.9
- Varillas de soldadura y electrodos desnudos de aluminio, y aleaciones de aluminio: A5.10
- Electrodo de soldadura de níquel y aleaciones de níquel, recubiertos: A5.11
- Varillas de soldadura y electrodos para recubrimientos superficiales: A5.13
- Varillas desnudas de soldadura y electrodos desnudos de níquel y aleaciones de níquel: A5.14
- Varillas de soldadura y electrodos recubiertos para soldar hierro fundido: A5.15
- Varillas desnudas de soldadura y electrodos desnudos de titanio y aleaciones de titanio: A5.16
- Electrodo desnudo de acero blando, y fundentes para soldadura de arco sumergido: A5.17
- Electrodo de acero blando para soldadura de arco metálico con gas: A5.18

- Varillas de soldadura y electrodos desnudos de aleaciones de magnesio: A5.19
- Electrodos de acero blando para soldadura de arco, con núcleo de fundente: A5.20
- Varillas de soldadura y electrodos compuestos para recubrimientos superficiales: A5.21

La AWS lista especificaciones de metales de aporte desde la A5.1 hasta la A5.31 e incluso la A5.01, para las diferentes aplicaciones existentes.

Las especificaciones anteriormente mencionadas son la base del código ASME II parte C (Metales de aporte para soldadura), cuya especificación en cuanto a materiales de aporte es idéntica a la descrita por la AWS. Es decir la especificación ASME SFA 5.1 está basada en la AWS A5.1 y así hasta todas las que le siguen.

Mediante estas especificaciones de los metales de aporte se obtiene información de que un cierto electrodo o varilla puede producir un metal de soldadura de propiedades mecánicas específicas. Al mismo tiempo, el sistema de especificaciones clasifica a los electrodos para las diversas posiciones de aplicación de la soldadura, en cuanto a su capacidad para penetrar adecuadamente en el fondo o la raíz de una junta, y en cuanto al suministro de energía (CC o AC)

### **IDENTIFICACIÓN DE ELECTRODOS.-**

Los electrodos revestidos para soldadura de arco fueron desarrollados con el fin que sean capaces de producir soldaduras con propiedades físicas que igualen o sobrepasen las del metal base, es por este motivo que la soldadura de arco se ha convertido en el proceso de soldadura más generalizado.

La clasificación AWS – ASTM de los electrodos de acero al carbono esta formada por una serie de cuatro o cinco dígitos que lleva como prefijo la letra E, que indica electrodo usado en la soldadura eléctrica. Para obtener datos relacionados con la interpretación más detallada de estos números de clasificación, véase la tabla 2.1

**Tabla 2.1: Sistema AWS de dosificación de electrodos**

<b>DIGITO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>EJEMPLO</b>
Primeros dos o tres	Resistencia mínima a la tensión	E – 60XX = 60 Ksi E – 100XX = 100 Ksi
Anterior al último	Posición de aplicación	E – XX1X = T E – XX2X = H E – XX3X = P
Ultimo	Tipo de energía, tipo de escoria, tipo de arco, magnitud de penetración, presencia de polvo de hierro en el recubrimiento.	

T: Todas las posiciones; sobre cabeza, horizontal, plana. H: Horizontal. P: Plana

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

### **ELECTRODOS PARA ACEROS ALEADOS.-**

La creciente utilización de los aceros aleados de alta resistencia ha iniciado el desarrollo de electrodos recubiertos, capaces de producir depósitos de soldadura con resistencia a la tensión superior a los 100 Ksi. Las propiedades mecánicas de esta magnitud se logran mediante el uso de un acero aleado como alambre de núcleo del electrodo. Sus características de trabajo siguen paralelamente las de los tipos clásicos de bajo hidrógeno y 60 Ksi de resistencia a la tensión.

### **VARILLA DE SOLDADURA A GAS.-**

Son varillas de acero que no tienen recubrimiento alguno. La operación de soldadura se determina solamente por la composición de las varillas y la llama de soldar que se utiliza. A continuación se describe brevemente diversas clases de varillas para soldadura a gas.

Las varillas de la clase RG65 se emplean para la soldadura oxiacetilénica de aceros al carbono y aceros de bajo contenido de aleación, con resistencia comprendida entre 65 – 75 Ksi. Se utilizan en lámina, plancha, tubos y ductos.

Las varillas de la clase RG60 se emplean para la soldadura oxiacetilénica de aceros al carbono comprendidos en el intervalo de resistencia de 50 – 65 Ksi y para soldar hierro dulce. Estas son varillas de uso general para soldadura a gas, de resistencia media y buena ductilidad, empleados generalmente para tuberías de acero al carbono, plantas de fuerza, tuberías de proceso y otras condiciones de servicio pesado.

Las varillas de la clase RG45 son de acero simple con bajo contenido de carbono. Varillas para uso general y pueden usarse para soldar hierro dulce.

### **ELECTRODOS Y VARILLAS DE SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.-**

Existe una variedad de electrodos (prefijo E) y varillas de soldadura de acero inoxidable (prefijo R, o ER si el metal de aporte puede usarse como electrodo o como varilla de soldar). Estos metales de aporte pueden producir un metal de soldadura de composición semejante a la mayoría de los metales de base.

Los metales de aporte adecuados para la soldadura de aceros inoxidables similares aparecen en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2: Metales de aporte recomendados para aceros inoxidables austeníticos al cromo – níquel, de uso común.**

<b>TIPOS AISI METAL BASE</b>	<b>DESIG. AWS – ASTM METAL DE APORTE</b>
201	ER 308
202	ER 308
301, 302, 304, 308	ER 308
304 L	ER 308 L
309	ER 309
310	ER 310
316	ER 316
316 L	ER 316 L
317	ER 317
330	ER 330
321	ER 321
347	ER 347

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

Para identificar los electrodos de acero inoxidable, nos basamos en la clasificación descrita por la AWS – ASTM sección A5.4 y se describe a continuación con un ejemplo:

**E 308 L – 1X**

**E:** Electrodo revestido



- 308:** Tipo de acero inoxidable depositado (Clase AISI)
- L:** Limitación carbono, máx. 0.04%, cuando presente
- 1:** Indica posición de soldar (1 – todas las posiciones) hasta 4 mm de  $\Phi$
- X:** Tipo de revestimiento, corriente y polaridad: 5 – revestimiento básico, CCPI
- 6 – revestimiento rutilo básico, CA o CCPI

### **METALES DE APORTE PARA RECUBRIMIENTOS SUPERFICIALES.-**

Los metales de aporte para recubrimientos son generalmente en forma de varilla desnuda vaciada o de varilla tubular, o como alambre sólido o tubular recubierto, y se producen en presentaciones desnuda y recubierta.

Para la identificación de este tipo de metales de aporte debemos saber que, la letra E que inicia cada clasificación indica *electrodo*, la letra R indica *varilla de soldadura*. Las letras que van en seguida de la E o la R son los símbolos químicos de los elementos principales de la clasificación. Así, Co Cr es una aleación de cobalto y cromo. Cuando los límites del contenido en porcentaje de los elementos principales de aleación del metal de aporte corresponden a dos o más intervalos definidos, las agrupaciones de los intervalos individuales se identifican por medio de las letras A, B, C y así sucesivamente, como en E Cu Sn A.

Para seleccionar la aleación correcta para recubrimientos superficiales en cualquier aplicación, pueden intervenir algunos de los factores siguientes:

- Contacto deslizante de metal con metal, con o sin lubricación
- Contacto de rodamiento contra una superficie metálica o no metálica
- Carga intensa de choque o impacto sin deformación ni agrietamiento serio
- Abrasión térrica variable u otros tipos de desgaste que ocasionen pérdida de metal
- Corrosión (atmosférica o de otro tipo)
- Resistencia a la deformación en caliente
- Maquinabilidad

- Ausencia de porosidad en el depósito
- Facilidad de aplicación a un proceso específico de soldadura

En la práctica, la elección de una aleación para recubrimiento superficial se basa generalmente en la experiencia del usuario o del proveedor.

## **ELECTRODOS Y FUNDENTES PARA SOLDADURAS DE ARCO SUMERGIDO.-**

Este tipo de materiales se encuentran en la clasificación AWS A5.17. La letra E indica electrodo, al igual que en los demás sistemas de clasificación, pero allí termina la similaridad. La letra siguiente, L, M o H, indica contenido bajo, mediano o alto de manganeso, respectivamente. El o los números siguientes indican el contenido aproximado de carbono en centésimos de un por ciento. Si hay un sufijo, K, este indica un acero a silicio matado.

Los fundentes se clasifican sobre la base de las propiedades mecánicas del depósito de soldadura hecho con un electrodo en particular. La designación de clasificación que se da a un fundente esta formada por un prefijo F, seguido por un número de dos dígitos representativo de los requisitos de resistencia a la tensión y resistencia al impacto, indicadas por las pruebas que se hagan de acuerdo con la especificación. Este va seguido por un conjunto de letras y números que corresponde a la clasificación del electrodo usado con el fundente.

**Tabla 2.3: Clasificación AWS y límites de composición de electrodos para soldadura de arco sumergido**

	Clasificación AWS	Composición %		
		C	Mn	Si
A	EL 8	0,10 max	0,30 - 0,55	0,05 max
	EL 8 K	0,10 max	0,30 - 0,55	0,10 - 0,20
	EL 12	0,07 - 0,15	0,30 - 0,60	0,05 max
B	EM 5 K *	0,06 max	0,90 - 1,40	0,40 - 0,70
	EM 12	0,07 - 0,15	0,85 - 1,25	0,05 max
	EM 12 K	0,07 - 0,15	0,85 - 1,25	0,15 - 0,35
	EM 13 K	0,07 - 0,19	0,90 - 1,40	0,45 - 0,70
	EM 15 K	0,12 - 0,20	0,85 - 1,25	0,15 - 0,35
C	EH 14	0,10 - 0,18	1,75 - 2,25	0,05 max

(\*): También contiene 0.05 a 0.15 Ti, 0.02 Zr, 0.05 a 0.15 Al

Nota: los electrodos de todas clases contienen también máximos de 0.035 S, 0.03 P, 0.15 Cu (independientemente del recubrimiento), y 0.50 en total de otros elementos.

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

**Tabla 2.4: Intervalos de corriente para alambres usados para soldadura de arco sumergido.**

Diametro del alambre (plg)	Intervalo de corriente (Amp)
0,045	100 - 350
1/16	115 - 500
5/64	125 - 600
3/32	150 - 700
1/8	220 - 1000
5/32	340 - 1100
3/16	400 - 1300
7/32	500 - 1400
1/4	600 - 1600
5/16	1000 - 2500
3/8	1500 - 4000

Nota: los límites superior e inferior de los intervalos son los extremos, y raras veces se usan.

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

**Tabla 2.5: Requerimientos de propiedades mecánicas para la clasificación de fundentes**

RESISTENCIA A LA TENSION (Ksi)	
Clases F 60 a la F 64	62 - 80
Clases F 70 a la F 74	72 - 95
RESISTENCIA A LA FLUENCIA (Ksi)	
Clases F 60 a la F 64	50
Clases F 70 a la F 74	60
IMPACTO CHARPY MUESCA EN V	
Clases F60 y F70	No se requiere
Clases F61 y F71	20 pies - libra a 0 °F
Clases F62 y F72	20 pies - libra a -20 °F
Clases F63 y F73	20 pies - libra a -40 °F
Clases F64 y F74	20 pies - libra a -60 °F

Nota: las propiedades mecánicas son las del metal de la soldadura

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

### **GASES DE PROTECCION Y GASES COMBUSTIBLES.-**

El propósito principal de un gas de protección es de proteger el metal fundido contra la contaminación de oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, gases que existen en el aire, en tanto que el propósito primario de un gas combustible es crear una temperatura de combustión suficiente para fundir el metal que ha de soldarse

#### ***GASES DE PROTECCIÓN.-***

Son materiales consumibles que se utilizan en los procesos de soldadura con arco de tungsteno y gas, y de soldadura con arco metálico y gas. Teóricamente puede usarse cualquiera de los gases inertes; helio, neón, argón, kriptón, xenón, pero los únicos de los que puede disponer en volumen suficiente para los usos en los procesos de soldadura son el helio y el argón. Estos gases dan resultados satisfactorios de protección para los metales más reactivos, como el aluminio, magnesio, berilio, columbio, tántalo, titanio y el circonio. Aunque los gases inertes puros protegen al metal a cualquier temperatura, contra su reacción con los elementos de la atmósfera (el aire), no son adecuadas para todas las aplicaciones de soldadura.

#### ***GASES COMBUSTIBLES.-***

Los gases combustibles tienen una propiedad común, todos requieren de oxígeno para el apoyo de su combustión. Pero para lograr una buena combustión y ser utilizable para soldadura, un gas combustible debe tener las siguientes características:

- Temperatura de llama, alta
- Alto régimen de propagación de la llama
- Contenido de calor adecuado
- La mínima reacción química de la llama con el metal de base y el de aporte

El acetileno y el hidrógeno son los únicos gases consumibles que pueden obtenerse comercialmente entre los que tienen las propiedades deseadas para soldadura. Otros gases, como el propano y el gas natural, tienen temperaturas de llama suficientemente alta, pero regímenes de propagación de llama bajos.

**Tabla 2.6: Gases combustibles de uso común**

GAS	Poder Calórico BTU/pe <sup>3</sup>	Temp. de llama con O <sub>2</sub>	
		° F	° C
Acetileno	1433	6300	3483
Butano	2999	5300	2927
MAPP	2406	6000	3316
Metano	914	5000	2760
Gas Natural	1200	4600	2538
Propano	2309	5300	2927

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap IV Materiales consumibles de la soldadura

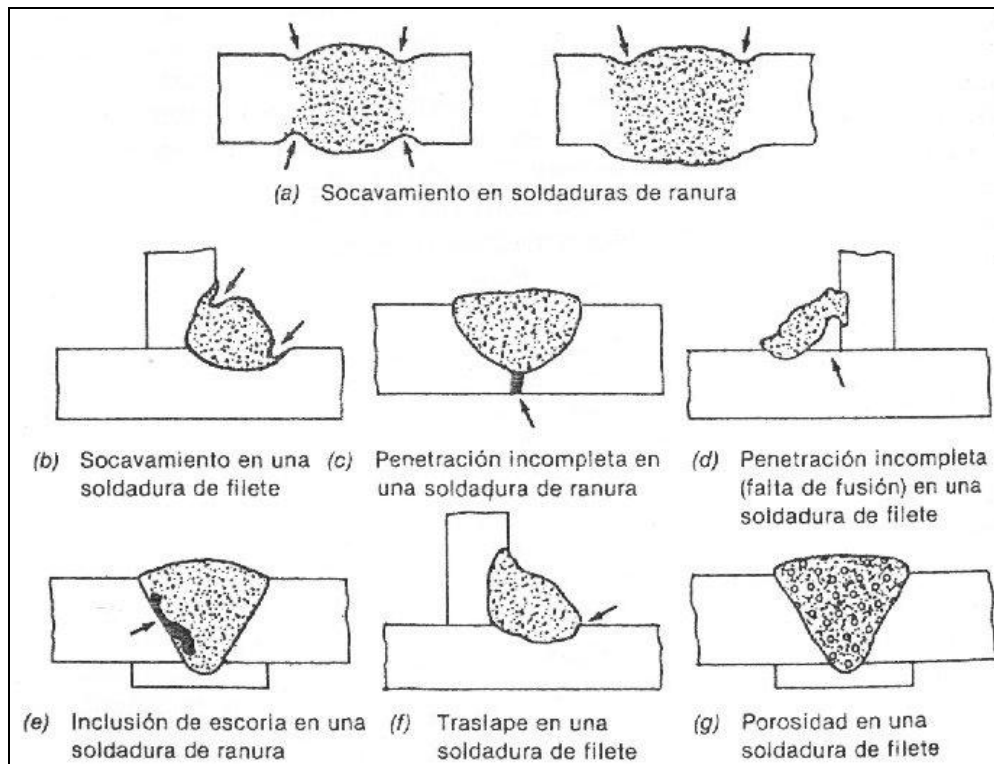
## 2.6 ENSAYOS EN LA INSPECCIÓN DE SOLDADURAS

Antes de hablar de lo que son en sí los ensayos utilizados para la evaluación de la calidad de la soldadura, necesitamos conocer los tipos de defectos que se presentan en los procesos de soldadura.

### 2.6.1 DEFECTOS PRINCIPALES EN LAS SOLDADURAS.

La presencia de defectos que afectan el desempeño en servicio, es en la mayoría de los casos más importante que la de los que afectan el aspecto. A continuación se describen los más usuales tipos de defectos que se presentan en las soldaduras.

En la figura 2.6 se ilustran los defectos en juntas soldadas, que a continuación se describen.



**Figura 2.6: Diferentes tipos de defectos en las soldaduras**

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap 22 Calidad de la Soldadura

### **POROSIDAD.-**

El término porosidad se usa para describir el gas atrapado durante la solidificación del metal de soldadura, antes de que el gas tenga la posibilidad de ascender a la superficie del charco fundido y escapar. La porosidad es generalmente esférica pero puede ser de forma alargada e irregular, o como porosidad tubular.

La porosidad puede restringirse evitando que la corriente o la longitud del arco sean excesivas, ya que pueda tener lugar un consumo elevado de los elementos desoxidantes del recubrimiento del electrodo durante la formación del depósito de soldadura, que dejen disponibles cantidades insuficientes para combinarse con los gases que hay en el metal fundido durante su enfriamiento.

### **INCLUSIONES NO METALICAS.-**

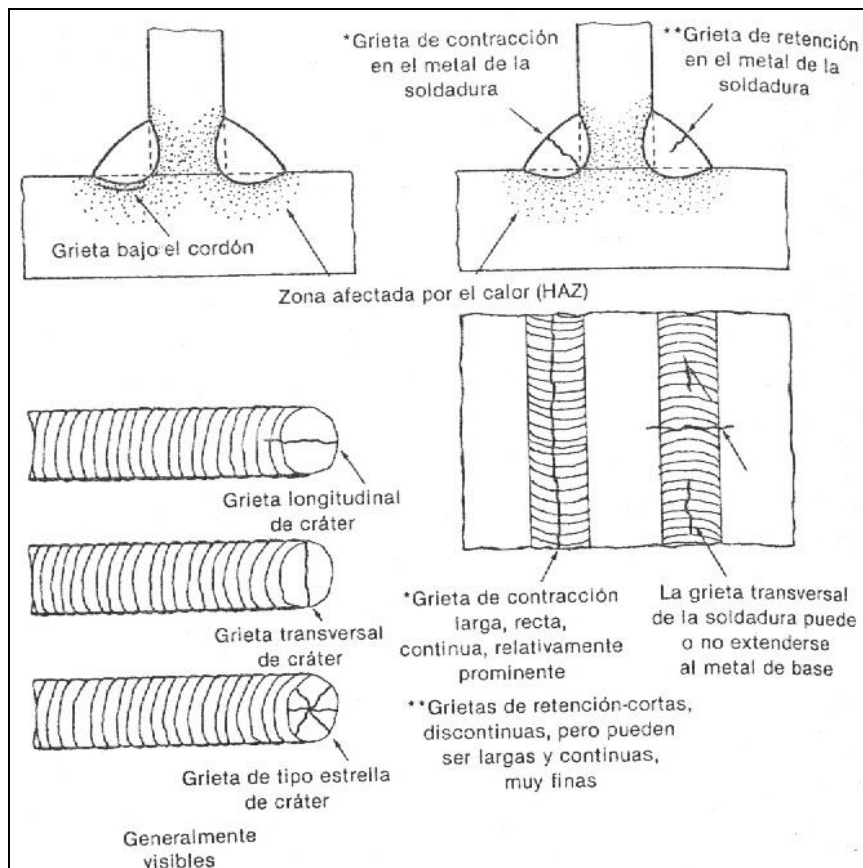
Se usa esta expresión para describir los óxidos y otros sólidos no metálicos que se encuentran a veces en forma de inclusiones alargadas y globulares en los cordones de soldadura. La escoria formada dentro del metal fundido por el arco, o la que se forma allí por reacciones químicas, aparece por lo general en forma de inclusiones finamente divididas o globulares. Las inclusiones de este tipo pueden ocasionar ciertos problemas en la soldadura aplicada hacia arriba.

La mayoría de las inclusiones de escoria pueden evitarse preparando correctamente la ranura antes de depositar cada cordón, además, la liberación de la escoria del metal de soldadura fundido será promovida por todos los factores que tiendan a hacer menos viscoso al metal o a retardar su solidificación, como el precalentamiento y el alto aporte de calor por pulgada y por unidad de tiempo.

### **AGRIETAMIENTO.-**

El agrietamiento de las juntas soldadas ocurre cuando se produce la ruptura lineal del metal depositado o del metal base, debido a la presencia de esfuerzos multidireccionales localizados que en algún punto rebasan la resistencia máxima del metal.

Después de que se ha enfriado una junta soldada, hay más probabilidades de que ocurra agrietamiento cuando el metal es duro o frágil. Un material dúctil soporta concentraciones de esfuerzos que pudieran ocasionar falla en un material duro o frágil.



**Figura 2.7: Tres clases básicas de grietas de soldadura**

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap 22 Calidad de la Soldadura

### FUSIÓN INCOMPLETA.-

Se aplica a veces esta expresión a situación a las que se llaman de penetración incompleta. Aquí se emplea en un sentido más restringido para describir la situación en que no se logra fusión entre las capas adyacentes del metal de la soldadura, o entre éste y el metal de base. Tal situación puede ocurrir en cualquier punto de la ranura de soldadura.

La falta de fusión puede deberse a:

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



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

### **PENETRACIÓN INCOMPLETA.-**

Esta expresión se usa para describir la situación en que el metal depositado y el metal de base no se funden en forma integral en la raíz de la soldadura. Puede ser ocasionada porque la cara de la raíz de la soldadura de ranura no alcance la temperatura de fusión a toda su altura, o porque el metal de la soldadura no llegue a la raíz de una soldadura de filete, y deje un hueco ocasionado por el puenteo del metal de la soldadura desde un miembro al otro. La penetración incompleta es indeseable, particularmente si la raíz de la soldadura está sujeta ya sea a tensión directa o a esfuerzos flexionantes. El área que no se funde permite concentraciones de esfuerzos que pueden resultar en fallas sin deformación apreciable.

### **SOCAVAMIENTO.-**

Se emplea este término para describir:

- La eliminación por fusión de la pared de una ranura de soldadura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona a la que debe unirse por fusión la siguiente capa o cordón.
- La reducción de espesor en el metal de base en la línea en la que se unió por fusión el último cordón a la superficie.

El socavamiento de ambos tipos se debe generalmente a la técnica empleada por el operador. Ciertos electrodos, una corriente demasiado alta, o un arco demasiado largo, pueden aumentar la tendencia al socavamiento. El socavamiento de las paredes de una ranura de soldadura no afecta en absoluto a la soldadura terminada si se tiene cuidado de corregir adecuadamente las condiciones antes de depositar el siguiente cordón.

## QUEMON.-

Se emplea este término para describir una parte del cordón de raíz donde la penetración excesiva causa que el charco se sople dentro del metal de soldadura

### 2.6.2 ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (E.N.D.)

La sociedad para pruebas no destructivas (SNT) define la prueba no destructiva como: “Grupo de pruebas que se utiliza para detectar defectos o fallas en los metales, que deja a la probeta en condiciones de realizar la tarea para la que fue hecha aún después de la prueba. “

Existen varios objetivos con los que se justifica la ejecución de ensayos no destructivos en los materiales como son algunos:

- Asegurar calidad tecnológica de los productos, materiales o equipos aumentando su confiabilidad.
- Prevenir accidentes y asegurar vidas humanas.
- Producir beneficios económicos a los usuarios.
- Contribuir a la investigación y el desarrollo tecnológico.

A continuación se nombran los END más conocidos:

Radiaciones	{ Rayos X Rayos $\gamma$
Vibraciones Mecánicas	{ Ultrasonido Vibraciones Emisión Acústica
Electricidad y Magnetismo	{ Partículas Magnéticas Corrientes Parásitas
Fenómenos Ópticos	{ Ensayo Visual Endoscopio, Replicas
Energía Térmica	{ Termografía
Transporte de Material	{ Líquidos Penetrantes Ensayo de Fugas
Energía Mecánica	{ Dureza Extensometría

Algunos de los factores que hay que tomar en cuenta para la correcta selección del método de END se listan a continuación:

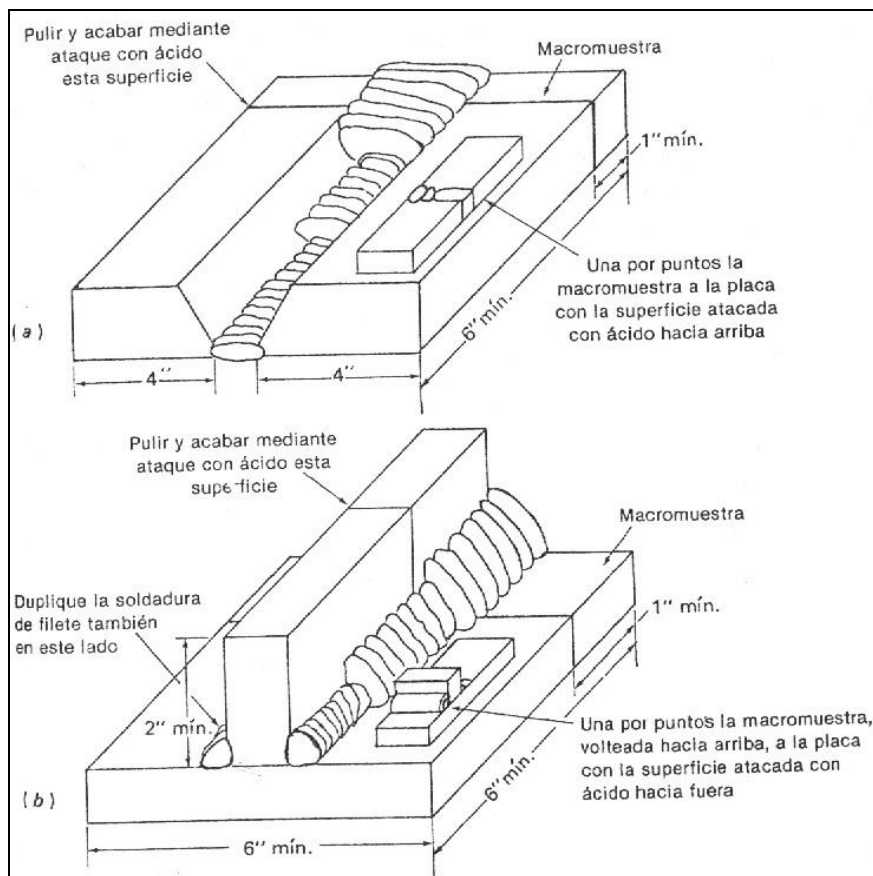
- Tolerancias en diseño y exactitud del método
- Capacidad y especialidad de detección de defectos, como grietas, porosidades, inclusiones.
- Características geométricas
- Accesibilidad del método y de la pieza
- Volúmenes de la obra de inspección
- Sensibilidad de detección
- Norma de referencia
- Alcances y limitaciones de cada método
- Balance costo – beneficios
- Criterios de seguridad de: personal, industrial, protección medio ambiental.

Los métodos principales de pruebas no destructivas (de inspección) se describen en los párrafos siguientes.

### **INSPECCION VISUAL.-**

Este es el más usado de los métodos de inspección, por ser fácil de aplicar, rápido, y de un costo relativamente bajo, así como porque proporciona información muy importante en relación con el cumplimiento general del conjunto soldado con los requerimientos de la especificación. La inspección visual se efectúa antes de aplicar la soldadura, durante la labor de aplicación, y después de haberla terminado, de este proceso esta encargado el Inspector de soldadura.

Durante la aplicación de la soldadura, el Inspector comprueba que se esté cumpliendo con todos los requerimientos de la hoja de procedimientos. Cuando se hacen soldaduras de varias pasadas, el inspector puede recurrir a una norma de calidad de la mano de obra (Figura 2.8). Estas son secciones de juntas semejantes a las que se encuentran en la manufactura, en las que se ilustran las proporciones de las capas sucesivas de soldadura. Cada capa de soldadura de producción puede compararse con las capas correspondientes de la norma de calidad de mano de obra, tomando ésta como guía.



**Figura 2.8: Normas relativas a la mano de obra de aplicación. a) Soldaduras de ranura; b) Soldaduras de filete**

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap 22 Calidad de la Soldadura

La primera capa, o pasada de raíz, es la más importante desde el punto de vista de la solidez y confiabilidad finales. Esta pasada es particularmente susceptible al agrietamiento, las grietas pueden persistir y propagarse a las capas sucesivas por lo que la inspección de esta pasada debe efectuarse con toda meticulosidad. La inspección radiográfica puede dar pruebas respecto al estado de la pasada de raíz, y servir como comprobación de la inspección visual.

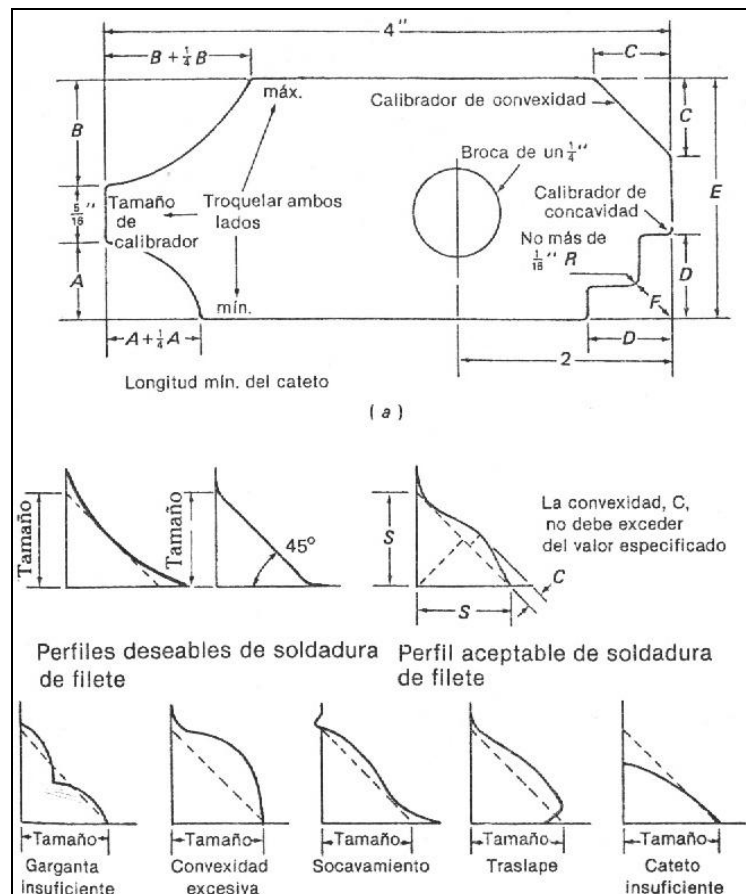
Después de haber terminado la soldadura, se verifica generalmente el conjunto soldado en busca de datos como:

- Exactitud dimensional del conjunto (incluye el alabeo)
- Conformidad con los requerimientos del diseño

- Aceptabilidad de las soldaduras respecto a aspecto, incluyendo conceptos tales como regularidad, rugosidad de superficie y salpicaduras.
- La presencia de cráteres vacíos, picadas, socavamientos, traslapes y grietas

El tamaño y el contorno de los cordones de soldadura se verifican usualmente con un calibrador de soldaduras (Figura 2.9). El tamaño de la soldadura se define en función de la longitud del cateto de la soldadura de filete. Con el calibrador se determina si el tamaño está o no dentro de los límites permitidos, y si hay concavidad o convexidad excesivas. Se puede fabricar calibradores para superficies que formen ángulos rectos, agudos u obtusos.

Para determinar el cumplimiento de las normas de apariencia se requiere el uso de normas visuales o de muestras de soldaduras presentadas por el comprador o el contratista.



**Figura 2.9: a) calibrador de soldaduras para cordones de filete únicamente. Abajo, perfiles aceptables y defectuosos de soldaduras de filete**

Fuente: Soldadura: Aplicaciones y Práctica; HORWITZ, Heary. Cap 22 Calidad de la Soldadura

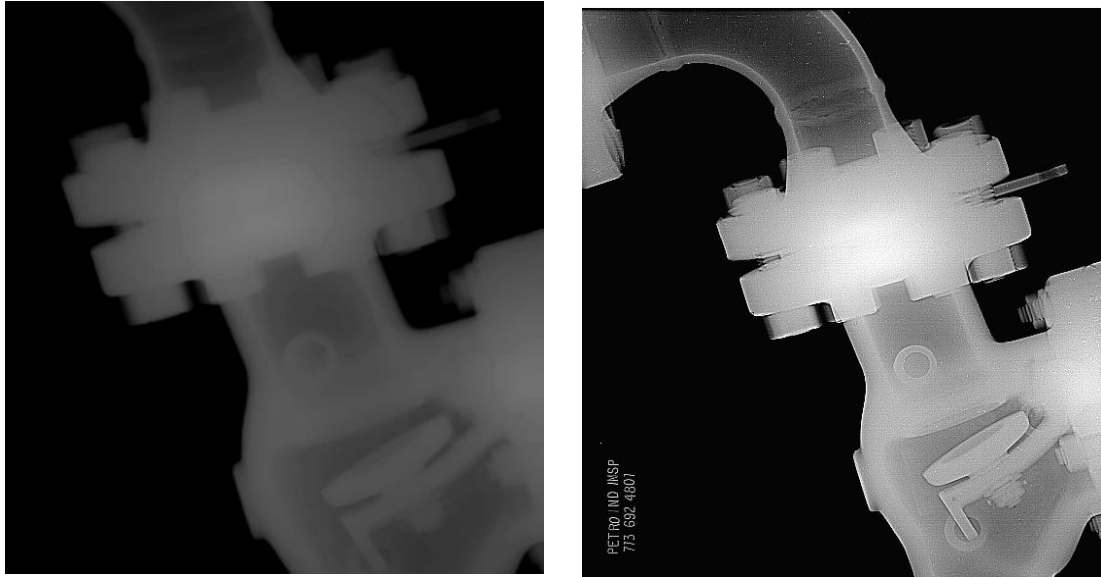
## **INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA.-**

Esta es una prueba que aprovecha la propiedad que tiene la radiación de onda corta, que es, a menor longitud de onda mayor poder de penetración. La longitud de onda de los rayos X y gama es más pequeña que la de la luz normal, motivo por el cuál permite penetrar a través de objetos opacos a la luz ordinaria. No toda la radiación, penetra a través de la soldadura; parte de ella es absorbida, la magnitud de dicha absorción esta en función de la densidad y el espesor de la soldadura.

Una buena radiografía es aquella que permite ver con claridad la presencia del defecto, su tamaño y su ubicación. Esta técnica de inspección es una de las más confiables, sin embargo tiene sus limitaciones como la mayoría de herramientas, y su aplicación e interpretación correctas requieren un conocimiento técnico del método, una concepción razonable del tipo de defectos descubiertos, y un conocimiento de la relación que hay entre los defectos y la especificación aplicable.

El ángulo de exposición también tiene influencia en la radiografía, ya que ésta se proyecta en un solo plano, por lo que la radiografía tiende a dar una impresión exagerada de algún tipo de defecto que se haya encontrado en la soldadura. Es por esto que debe haber una tolerancia ya que una soldadura enteramente adecuada para su funcionamiento puede declararse defectuosa.

Sin embargo el desarrollo vertiginoso de la tecnología para obtener radiografías, puede permitir al inspector, que trabaja con estos métodos, obtener la facilidad de interpretación de los defectos que puedan existir en los materiales, mediante la digitalización directa de las imágenes que se van a inspeccionar.



**Figura 2.10: Comparación entre radiografías, a la izquierda radiografía corriente, a la derecha radiografía digital.**

Fuente: General Electric

A continuación se presentan las ventajas y desventajas de la utilización de la radiografía digital.

#### Ventajas:

- Resultados rápidos
- Minimiza el riesgo de perder los datos
- Portátil, flexible, más rápido, más seguro
- Medioambientalmente amistoso
- Acceso rápido a las imágenes y datos de la prueba realizada
- Reducción del costo global de radiografía

#### Desventajas:

- No todas las aplicaciones pueden cubrirse
- Altos costos de inversión de los equipos

## **INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.-**

Es un método para localizar y definir discontinuidades en los materiales magnéticos. Es excelente para detectar defectos superficiales en soldaduras, porque revela discontinuidades que son demasiado finas para apreciarse a simple vista. Con equipo especial, también puede usarse para detectar defectos que estén cercanos a la superficie.

Existen dos métodos de inspección magnética:

- *Magnetización circular:* al hacer pasar un alto amperaje por la pieza de trabajo, se crea un campo magnético en ángulos rectos con la dirección de paso de la corriente, la cuál puede presentarse con líneas de fuerza circulares que se crean dentro de la pieza de trabajo. Este tipo de inspección permite detectar defectos longitudinales, esparciendo polvo magnético sobre la superficie, éste se adherirá más tenazmente a la zona de fuga que a cualquier otra parte, exponiendo la discontinuidad.
- *Magnetización longitudinal:* este fenómeno se logra introduciendo a la pieza de trabajo en un solenoide. En este caso, las líneas de fuerza magnéticas son longitudinales a la pieza de trabajo, este tipo de inspección permite detectar grietas transversales.



**Figura 2.11: Técnica de magnetizado circular, se puede ver poniendo el polvo magnético seco para la inspección**

El método de inspección por partículas magnéticas es más simple de usar que la inspección radiográfica, pero también tiene sus limitaciones como son:

- Aplicable a materiales ferromagnéticos



- No se puede usar en aceros austeníticos
- Si el material base y el de soldadura tienen diferentes características magnéticas se crearán discontinuidades y se pueden producir malas interpretaciones aun cuando la junta sea enteramente sana.
- Se puede ocultar un defecto verdadero por el polvo que se acumule sobre una discontinuidad magnética inofensiva.
- La sensibilidad del método disminuye al decrecer el tamaño del defecto
- La sensibilidad es menor en las formas redondas, como las bolsas de gas, y es óptima en las formas alargadas, como las grietas.

Para asegurarse de que se detecten las discontinuidades, es recomendable aplicar el campo desde dos direcciones preferiblemente en ángulos rectos. Las piezas por inspeccionar deben estar limpias y secas, la limpieza a chorro de arena y el cepillo de alambre son métodos muy buenos para limpiar la soldadura.

El equipo que se utiliza para inspección por partículas magnéticas es relativamente simple (leer el manual de fabricación), las unidades pueden producir la magnetización por corriente directa, alterna o rectificada, o bien por combinaciones de estas. También existen equipos portátiles que utilizan electroimanes e imanes permanentes.

Para penetración completa se requiere corriente directa o rectificada, la corriente alterna magnetiza solo la superficie y está limitada a la inspección superficial. Normalmente se emplea corriente de alto amperaje, y bajo voltaje en todas las pruebas con partículas magnéticas, para limitar el arqueado o el quemado de la pieza de prueba.

El polvo magnético puede aplicarse en seco o en húmedo. El polvo seco se puede encontrar en colores gris negro y rojo y se esparce uniformemente sobre la superficie de la pieza de trabajo con una pistola aspersora, un saco de espolvorear o un atomizador y el exceso se remueve con una ligera corriente de aire. Para el polvo húmedo se usan partículas rojas o negras muy finas suspendidas en agua o petróleo diáfano, el polvo para suspensión en líquido

viene del fabricante en forma seca o en pasta. Se extiende sobre la superficie que se va a inspeccionar o se sumerge la pieza en el líquido.

El método húmedo es más sensible que el seco, ya que pueden usarse partículas sumamente finas, lo que permite detectar defectos excesivamente finos. Las partículas rojas mejoran la visibilidad en superficies oscuras. Cuando el recubrimiento de las partículas es un colorante que flúorese bajo la luz ultravioleta, la sensibilidad aumenta aún más. El polvo fluorescente es bueno para localizar discontinuidades en esquinas, cuñeros, estrías, agujeros profundos y otros similares.

### **INSPECCIÓN CON LÍQUIDO PENETRANTE.-**

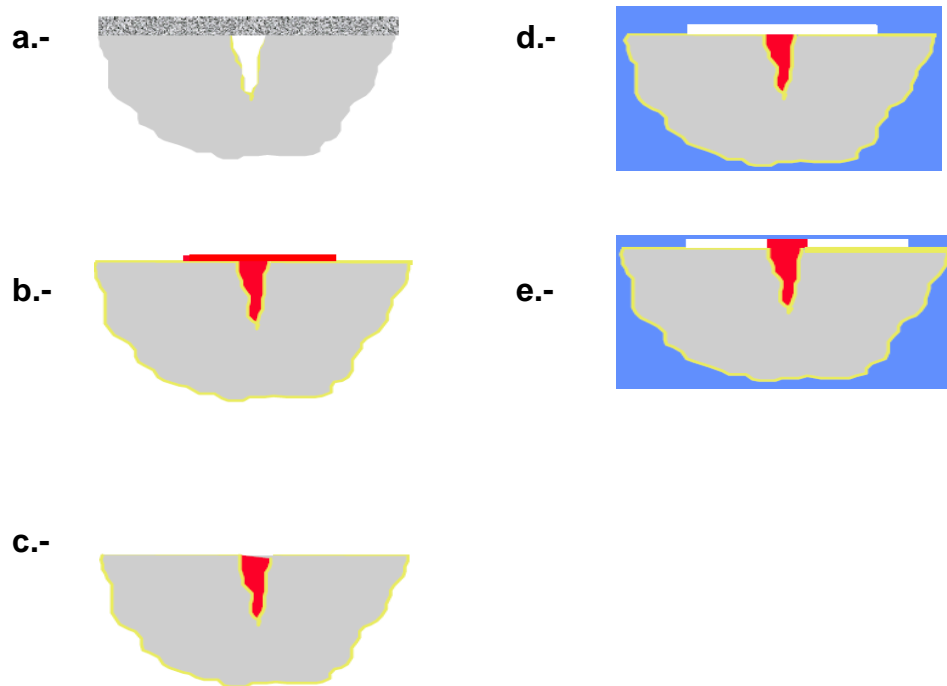
Este es un método no destructivo para localizar grietas superficiales y pequeños poros no apreciados a simple vista. Puede aplicarse donde no es útil la inspección por partículas magnéticas, como es en aceros inoxidables austeníticos o en los materiales no ferrosos. Existen dos tipos de inspección en uso para la aplicación de este método como son:

- *Inspección por líquido penetrante fluorescente:* se aplica un líquido altamente fluorescente con buena calidad de penetración, la acción capilar arrastra al líquido al interior de las aberturas de la superficie, se elimina el exceso y se usa un revelador para sacar el fluorescente a la superficie, y la indicación resultante se aprecia a la luz ultravioleta, lo que permite detectar hasta pequeñas trazas de penetrante.
- *Inspección con líquido colorante:* este método es similar al líquido fluorescente, con la excepción de que se emplean colores visibles a la luz ordinaria.

El líquido penetrante se aplica por inmersión, por aspersion, o a cepillo y debe darse tiempo para que se realice la absorción del material en las discontinuidades, el que llega a requerir una hora o más en trabajos de gran precisión. Al momento de limpiar los excesos algunos sistemas de penetrantes comerciales requieren un lavado con agua a baja presión o con disolventes.

Después del lavado se secan las partes si se va a usar un revelador seco. Puede usarse aire caliente para acelerar el secado. El revelador seco se aplica con una pistola aspersora de polvo, con un bulbo aspersor o por inmersión. Si se usa un revelador húmedo no es necesario secar la parte después de remover el exceso del penetrante. El revelador húmedo se aplica en forma de suspensión coloidal en agua, por inmersión o aspersion, después de lo cual se seca la parte con aire caliente.

La inspección con líquido penetrante se usa mucho para detectar defectos de conjuntos soldados grandes y pequeños, para localizar grietas y porosidad cuando los materiales no son magnéticos. Debe recordarse que solo se detectan por este método defectos superficiales. La figura 2.13, muestra el procedimiento típico del proceso que se sigue para detectar un defecto usando tintas penetrantes.

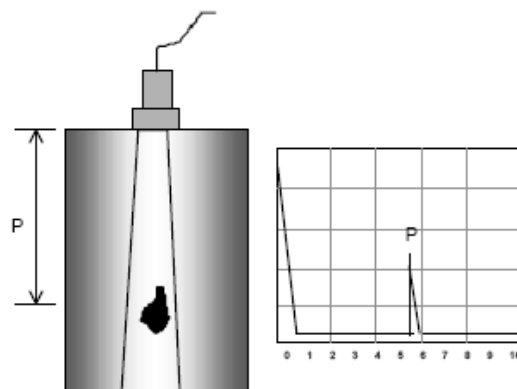


**Figura 2.12: Proceso de tintas penetrantes. a.- limpieza y eliminación de recubrimientos; b.- aplicación y permanencia del penetrante; c.- eliminación del exceso de penetrante; d.- aplicación del revelador; e.- extracción del revelador y apareamiento del defecto.**

## INSPECCIÓN CON ULTRASONIDO.-

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

La inspección ultrasónica se basa en el hecho de que una discontinuidad o cambio de densidad actúa como reflector de las vibraciones de alta frecuencia propagados a través del metal. La unidad buscadora del equipo ultrasónico del tipo de pulsación – eco (Figura 2.14), contiene un cristal de cuarzo u otro material piezoeléctrico que cambia de dimensiones al aplicar una fuerza electromotriz.



**Figura 2.13:** Técnica de ultrasonido tipo pulsación – eco

Cuando se mantiene una sonda ultrasónica contra un metal, las ondas vibratorias se propagan a través del material hasta que llegan a una discontinuidad o a un cambio de densidad. En estos puntos parte de esta energía vibratoria se refleja hacia atrás y si se corta la corriente que ha causado la vibración, el cristal de cuarzo (sonda ultrasónica) puede actuar como receptor captando la energía reflejada. La vibración reflejada causa presión en el cristal de cuarzo la que se traduce en generación de corriente eléctrica que produce deflexiones verticales en la línea de base horizontal del osciloscopio.

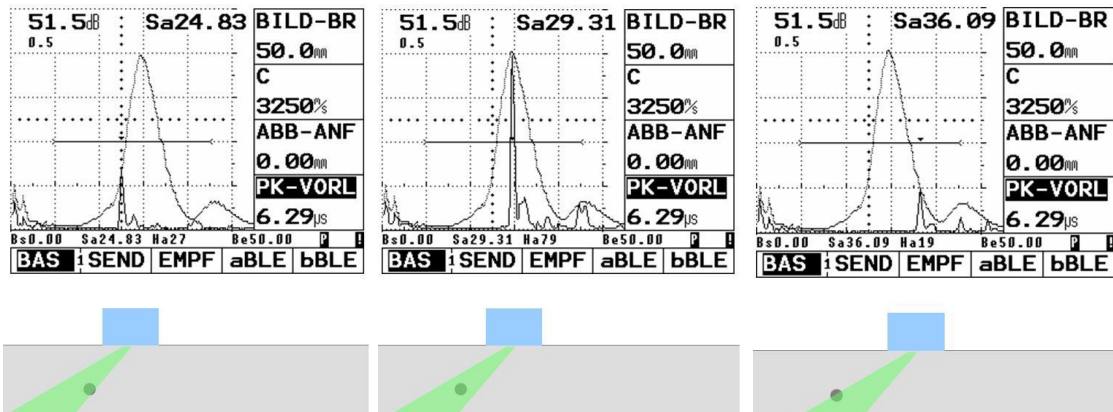


Figura 2.14: De izquierda a derecha. La sonda ultrasónica encuentra un defecto en el material de prueba, al mover la sonda envía una señal y se registra en la pantalla de un osciloscopio para su interpretación.

Fuente: General Electric.

Para la interpretación de las desviaciones se requiere tener experiencia en el medio, dicha interpretación esta basada en muestras estándares de figuras hechas con placas de referencia, las cuales se preparan en concordancia por los procedimientos aprobados por la ASME, y otros códigos.

Tabla 2.7: Síntesis de los principales métodos de pruebas no destructivas

METODO DE INSPECCIÓN	EQUIPO REQUERIDO	PERMITE DETECTAR	VENTAJAS	LIMITACIONES	OBSERVACIONES
Visual	Lente de aumento Calibrador de tamaños de soldadura Metro de bolsillo Regla de acero Normas de M. O. de aplicación Fuente de luz, espejos Medidor de ferrita	Fallas superficiales: Grietas, porosidad, cráteres, inclusiones de escoria, alabeo, socavamiento, sobresoldadura, desalineamientos, adaptación incorrecta, cordones de formación deficiente	Bajo costo Puede aplicarse estando en proceso la pieza de trabajo, permitiendo corregir las fallas. Da indicación de procesos incorrectos	Aplicables a defectos superficiales únicamente. No proporcionan registros permanentes	Deben ser siempre los métodos primarios de inspección, sin importar que otras técnicas se requieran. Constituye el único tipo de inspección en producción. Función de todo los que ayudan en la soldadura.
Radiográfica	Unidades comerciales de rayos X o gama para soldadura. Facilidades fotográficas y de procesamiento Equipo fluoroscópico visor.	Fallas macroscópicas interiores: grietas, porosidad, huecos llenos de gas, inclusiones no metálicas, penetración incompleta en la raíz, socavamiento, canelones y áreas quemadas pasantes	Se cuenta con un registro permanente, mediante las películas. Cuando se ven en una pantalla fluoroscópica, se tiene un método de inspección interna de bajo costo	Se requiere destreza para escoger los ángulos de exposición, el equipo de trabajo y para interpretar las indicaciones. Requieren precauciones de seguridad. No son adecuados para inspección de soldaduras de filete	Muchos códigos y especificaciones requieren la inspección por rayos X. Son útiles para la calificación de soldadores y procedimientos. Se limita a aquellas zonas donde no se logre la inspección por otros métodos, debido a su costo
Partículas magnéticas	Equipo comercial especial Polvos magnéticos; secos o húmedos; pueden ser fluorescentes para ver en luz ultravioleta	Excelentes para detectar discontinuidades superficiales, y en particular grietas.	Más simples de realizar que la inspección radiográfica Permiten sensibilidad controlada. Son métodos de costo relativamente bajo	Aplicables solo a materiales ferromagnéticos. Requieren destreza en la interpretación de los resultados de la inspección. Difíciles de utilizar en superficies rugosas	Los defectos paralelos al campo pueden no dar dibujo; por lo que se debe aplicar el campo desde dos direcciones cercanas a los 90° entre ambas

**Tabla 2.7: Síntesis de los principales métodos de pruebas no destructivas (Continuación...)**

<b>METODO DE INSPECCIÓN</b>	<b>EQUIPO REQUERIDO</b>	<b>PERMITE DETECTAR</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>LIMITACIONES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Líquidos penetrantes	Conjuntos comerciales de componentes, que contienen líquidos penetrantes fluorescentes o colorantes y reveladores. Equipo de aplicación para el revelador. Fuente de luz ultravioleta para el método fluorescente.	Grietas superficiales no apreciables a simple vista. Excelentes para localizar fugas en los conjuntos soldados	Aplicables a materiales magnéticos y no magnéticos. Fáciles de usar. Bajo costo.	Solo son detectables los defectos superficiales. No pueden usarse con eficacia en los ensambles calientes	En recipiente de pared delgada revela fugas que no se detectan de ordinario por las pruebas usuales con aire. Las condiciones superficiales (humo, escoria) pueden dar indicaciones falsas.
Ultrasónica	Equipo del tipo de pulsación eco o de transmisión. Dibujos estándares de referencia para la interpretación.	Fallas superficiales y subsuperficiales, inclusive las que son demasiado pequeñas para ser detectadas por otros métodos Especialmente para detectar defectos similares a los de laminación subsuperficial.	Muy sensibles. Permiten el sondeo de juntas inaccesibles a la radiografía	Requieren un alto grado de destreza para la interpretación de los dibujos de pulsación – eco No se obtiene con facilidad un registro permanente	El equipo de pulsación – eco esta altamente desarrollado para fines de inspección de soldaduras El equipo del tipo de transmisión simplifica la interpretación de dibujos cuando es aplicable.

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Sección, Control de calidad en los trabajos de soldadura

### 2.6.3 ENSAYOS DESTRUCTIVOS (E.D)

La prueba destructiva da una medida absoluta de la resistencia de la muestra probada. Suponiendo que sean uniformes los materiales y el método de fabricación, se puede decir que la muestra sea representativa de todas las unidades. La prueba periódica de probetas tiende a dar validez a ésta interferencia, siempre que los resultados sean similares. Generalmente se aplica la fuerza destructiva en una forma que simula las condiciones de servicio.

Cualquier procedimiento de prueba que se base en un muestreo puede permitir que pasen la prueba, piezas de trabajo defectuosas. Debe ponderarse la penalización que resulte de ello. Cuando la seguridad es una consideración importante, las técnicas destructivas hechas a muestras de una población de piezas de trabajo, no dan la seguridad de calidad que se necesita. Además, cuando la seguridad no es un factor, y el costo unitario del producto es bajo, las

pruebas destructivas a muestras pueden ser más económicas e informativas que las no destructivas.

Las pruebas mecánicas usadas en calificación de procedimiento de habilidad son como se menciona a continuación.

- *Prueba de tensión:* estas pruebas se usan para determinar la resistencia última de juntas de soldadura en ranura. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QW – 150.
- *Prueba de Doblez Guiado:* estas pruebas se usan para determinar el grado de solidez y ductilidad de juntas de soldadura en ranura. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QW – 160.
- *Prueba de Tenacidad de Muesca:* estas pruebas se usan para determinar la tenacidad de muesca del conjunto soldado. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QW – 171 y QW – 172.
- *Prueba de Soldadura con Filete:* estas pruebas se usan para determinar el tamaño, el contorno y el grado de solidez de soldaduras con filete. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QW – 180.
- *Prueba de Soldadura de Husillos:* se usan para determinar aceptabilidad de soldadura de usillos. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QW – 202.5, QW – 466.4, QW – 466.5, QW – 466.6.

Las pruebas usadas en calificaciones de procedimiento y de habilidad para soldadura fuerte son como se menciona a continuación.

- *Prueba de tensión:* estas pruebas se usan para determinar la resistencia última de juntas a tope, de biseles, de solapa, y de encaje para soldadura fuerte. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QB – 150.
- *Prueba de Doblez Guiado:* estas pruebas se usan para determinar el grado de solidez y ductilidad de juntas a tope de biseles. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QB – 160.
- *Prueba de Pelar:* estas pruebas se usan para determinar la calidad de ligazón y la cantidad de defectos en las juntas de solapa. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QB – 170.

- *Prueba de Seccionado*: estas pruebas se usan para determinar la solidez de muestras de mano de obra o de especímenes de prueba. Esta prueba de seccionado se usa también como un sustituto para la prueba de pelar en donde la resistencia del metal de aporte de soldadura fuerte es igual o mayor que la resistencia de los metales base. Esta prueba se describe en el Código ASME IX, en QB – 180.

#### 2.6.4 CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

Un procedimiento de soldadura (WPS por sus siglas en inglés Welding Procedure Specification) es utilizado para proveer dirección al realizar soldaduras de producción, además de determinar que el conjunto de partes soldadas propuesto, sea capaz de proveer las propiedades requeridas para la aplicación requerida. El WPS debe ser calificado y escrito de acuerdo a las exigencias de cada código y aplicación.

Dentro del contenido de la WPS terminada, están las variables necesarias de cada uno de los procesos que se van a utilizar. Entre estas variables constan las variables esenciales, no esenciales y esenciales suplementarias.

Las **variables esenciales**, son las que al variar afectan las propiedades mecánicas y solidez de la junta soldada. Cuando existe algún cambio de estas variables la WPS debe ser completamente recalificada, entre las variables esenciales que están en una WPS se pueden considerar las siguientes:

- Proceso de soldadura
- Metal base; tipo, especificación, composición o geometría.
- Diseño de la junta; cambios importantes
- Consumibles de soldadura; grupo del metal de aporte, gases de protección del arco y el caudal.
- Posición de soldadura (Ver ANEXO VII)
- Necesidad de pre o post calentamiento
- Características eléctricas; corriente, tensión de trabajo
- Tiempo de aplicación y entre pases



Las **variables no esenciales**, son las que al variar ciertos límites, no afectan las propiedades mecánicas y solidez de una junta soldada y no se requiere de una recalificación de la WPS, entre estas tenemos a las siguientes:

- Diámetro del electrodo o alambre
- Detalles pequeños del diseño de la junta
- Uso de placas de respaldo
- Polaridad o tipo de corriente
- Método de limpieza

Las **variables esenciales complementarias**, son aquellas que afectan la tenacidad de la junta soldada (resistencia al impacto), este tipo de variables son consideradas en el código ASME IX, algunas de estas variables pueden ser:

- Aumento de temperatura en el calentamiento
- Diámetro del electrodo o alambre
- Polaridad o tipo de corriente
- Tratamiento térmico posterior

Cuando se realicen cambios en las variables no esenciales sin que exista recalificación es necesario documentar los cambios efectuados por enmienda a la WPS o mediante el uso de una WPS nueva.

El formato requerido para desarrollar una WPS puede ser cualquiera, lo importante es que se adapte a las necesidades de la empresa e incluya todas las variables necesarias para obtener una WPS que garantice la producción de juntas soldadas de alta calidad.

**Tabla 2.8: Ejemplo del formato y contenido de una WPS**

LOGO EMPRESA CONSTRUCTORA	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)	LOGO EMPRESA PROYECTISTA				
<b>CONTRACT No.70116</b>		<b>PAGE: 1 of 1</b>				
<b>PROJECT:</b> <b>CLIENT:</b> PREPARED BY (CWI): WELDING PROCEDURE SPECIFICATION: WPS No. CIC-HAR-02 COVERED BY: PQR No. TAR-CIC-HAR-02 WELDING PROCESS: SMAW APPLIED CODE: ASME SEC IX - 1998						
		DATE: REV.: 1  PROCESS: MANUAL				
<b>(QW-402) JOINT DESIGN</b>  TYPE OF JOINT: GROOVE BACKING: N/A  ALL UNITS: (mm.)						
<b>(QW-403) BASE METAL:</b> ASTM A106 Gr.B. from: P-No.1, GROUP 1; to: P-No.1, GROUP 1 THICKNESS RANGE: from: 1,6mm. (1/16") to: 2T						
<b>(QW-404) FILLER METALS:</b> F-No. 3 ; A-No.1 AWS class: A 5.1 & A5.5 TYPE: E6010 & E7010 SIZE OF FILLER METAL. DIAMETER; from: 3.2 to 4 mm. (1/8" to 5/32") COMMERCIAL IDENTIFICATION: FIRST PASS: FLEETWELD 5P+ ; OTHER PASSES: SHIELD ARC- 85 ( LINCOLN)						
<b>(QW-405) POSITION OF GROOVE:</b> (5G) FIXED +-15° WELD PROGRESSION: ALL PASSES DOWNHILL ↓						
<b>(QW-406) PREHEAT TEMPERATURE:</b> PREHEAT TEMPERATURE: t < 19 mm. AMBIENT TEMPERATURE INTERPASS TEMPERATURE: Max. 316°C (600°F)						
<b>(QW-407) POSTWELD HEAT TREATMENT:</b> N/A						
<b>(QW-408) SHIELDING GAS:</b> N/A						
<b>(QW-409) ELECTRICAL CHARACTERISTICS:</b> TYPE OF CURRENT : DC POLARITY: FOR FIRST PASS (DCEN-) ; AND (DCEP+) FOR OTHER PASSES						
<b>(QW-410) TECHNIQUE:</b> SEE TABLE No.1 TYPE OF BEAD: STRING & WEAVE INITIAL AND INTERPASS CLEANING. GRINDING & WIRE BRUSH PASS: MULTIPLE TIME LAPSE: 5 MIN.BETWEEN FIRST AND SECOND PASS; OTHER PASSES: AS PER CIC. SPECIFICATION (WITHIN 4 HOURS).						
<b>TABLE No.1</b>						
PASS No.	PROCESS	ELECTRODE CLASS	ELECTRODE SIZE:mm.(")	CURRENT (AMP)	VOLTAGE (VOLTS)	TRAVEL SPEED mm/min(IN/MIN)
1	GTAW	ER-70-S3	2,4mm(3/32")	130-140	012-14	254 - 457.2(10-18)
2	GTAW	ER-70-S3	2,4mm(3/32")	140-150	012-14	254 - 457.2(10-18)
3	SMAW	E7018	4mm.(5/32")	110-120	22-24	254 - 457.2(10-18)
4	SMAW	E7018	4mm.(5/32")	115-125	23-25	152.4 -304.8 (6-12)

Fuente: LMH; Ing. Carlos Naranjo

La descripción detallada de los cambios de las variables inmersas en una WPS se puede encontrar en el código con el que se este trabajando dependiendo de la aplicación, por ejemplo si necesitamos utilizar el código ASME sección IX, se

debe tomar en cuenta los requerimientos que este código especifica y para tener una idea mas clara de lo que contiene se menciona a continuación los datos de soldadura que este código toma en cuenta para la calificación de una WPS.

- Variables de soldadura, conceptos QW – 400
- Diseño de juntas, QW – 402
- Metales base, QW – 403
- Metales de aporte, QW – 404
- Posiciones de soldar, QW – 405
- Pre calentamiento, QW – 406
- Tratamiento térmico posterior a la soldadura, QW – 407
- Gases, QW – 408
- Características eléctricas, QW – 409
- Técnica de soldadura, QW – 410

### **Procedimiento general para calificar una WPS**

- Preparación y soldadura del cupón o espécimen de prueba de acuerdo a lo descrito en la especificación y al código con que se trabaje.



**Figura 2.15: Cupón para calificación de un WPS, proceso GMAW en placa**

- Extracción de las probetas de prueba necesarias para la calificación.



**Figura 2.16: Probetas para ensayos en tubería (ranura) y placa (filete y ranura)**

- Pruebas destructivas y no destructivas de las probetas



**Figura 2.17: Pruebas destructivas, de arriba hacia abajo: prueba de doblez lateral en filete y ranura.**

- Evaluación de los resultados y aprobación de la WPS, dependiendo de los parámetros de aceptación del código con el que se trabaje.

Cuando se realiza la calificación de un procedimiento es importante identificar todos los materiales con los que se trabaje y llevar una trazabilidad del proceso.

Dentro del proceso de calificación de procedimiento se lleva un registro de los datos de soldadura que fueron utilizados para soldar el espécimen de prueba o cupón, este registro se lo llama Registro de Calificación de Procedimiento (PQR, por sus siglas en inglés, Procedure Qualification Record).

Los cambios de un PQR no son aceptables puesto que es un registro de lo que sucedió durante una prueba de soldadura particular, los cambios permitidos son de forma, por ejemplo un cambio por mala redacción.

El formato del PQR puede ser cualquiera siempre y cuando se adapte a las necesidades de la empresa y se registre todos los datos de soldadura utilizados, además de tipos y números de pruebas así como sus resultados. Al finalizar la calificación de procedimientos se desarrolla un informe general anexando todos los documentos generados durante la calificación, entre estos se tiene:

- Certificación de calidad del metal base y de aporte por parte del proveedor
- Ensayos realizados a las probetas
- Informe de resultados de los ensayos destructivos y no destructivos
- Documentos de respaldo de las pruebas
- Variables de soldadura utilizadas

**Tabla 2.9: Ejemplo de parte del contenido de un PQR**

PQR No: <input style="width: 100%;" type="text" value="TAR-CIC-HAR-02"/>	REFERED WPS No: <input style="width: 100%;" type="text" value="CIC-HAR-02"/>																		
WELDER'S NAME: HECTOR HERNANDEZ MORALES.	Cl. #: 171278772-8																		
STAMP #: T-H-001																			
<b>TEST COUPON MATERIAL AND CONDITIONS FOR PROCEDURE QUALIFICATION (QW-438)</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>AMB. TEST TEMPERATURE:</td> <td style="text-align: center;">25°C</td> </tr> <tr> <td>WEATHER CONDITION:</td> <td style="text-align: center;">RAINNING</td> </tr> <tr> <td>TYPE OF MACHINE:</td> <td style="text-align: center;">LINCOLN CLASSIC 300 D</td> </tr> <tr> <td>TEST PIPE MATERIAL GRADE:</td> <td style="text-align: center;">ASTM A106 Gr.B</td> </tr> <tr> <td>TEST PIPE DIAMETER</td> <td style="text-align: center;">167.64 mm.</td> </tr> <tr> <td>TEST PIPE WALL THICKNESS:</td> <td style="text-align: center;">7.1 mm.</td> </tr> <tr> <td>POSITION OF TEST WELD SAMPLE:</td> <td style="text-align: center;">5G</td> </tr> </table>		AMB. TEST TEMPERATURE:	25°C	WEATHER CONDITION:	RAINNING	TYPE OF MACHINE:	LINCOLN CLASSIC 300 D	TEST PIPE MATERIAL GRADE:	ASTM A106 Gr.B	TEST PIPE DIAMETER	167.64 mm.	TEST PIPE WALL THICKNESS:	7.1 mm.	POSITION OF TEST WELD SAMPLE:	5G				
AMB. TEST TEMPERATURE:	25°C																		
WEATHER CONDITION:	RAINNING																		
TYPE OF MACHINE:	LINCOLN CLASSIC 300 D																		
TEST PIPE MATERIAL GRADE:	ASTM A106 Gr.B																		
TEST PIPE DIAMETER	167.64 mm.																		
TEST PIPE WALL THICKNESS:	7.1 mm.																		
POSITION OF TEST WELD SAMPLE:	5G																		
<b>DESTRUCTIVE TEST RESULTS PER "ASME SEC. IX" (QW-451)</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>TENSILE TEST (QW-150)</b></td> </tr> </table>		<b>TENSILE TEST (QW-150)</b>																	
<b>TENSILE TEST (QW-150)</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">SPECIMEN No</th> <th style="width: 15%;">WIDTH (inch)</th> <th style="width: 15%;">THICKNESS (inch)</th> <th style="width: 15%;">MAX LOAD (lbs)</th> <th style="width: 15%;">UTS. (PSI)</th> <th style="width: 20%;">FRACTURE LOCATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">T-1</td> <td style="text-align: center;">0,99</td> <td style="text-align: center;">0,268</td> <td style="text-align: center;">16315,8</td> <td style="text-align: center;">61429,9</td> <td style="text-align: center;">BASE METAL</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T-2</td> <td style="text-align: center;">1,03</td> <td style="text-align: center;">0,268</td> <td style="text-align: center;">17896,7</td> <td style="text-align: center;">64745,3</td> <td style="text-align: center;">BASE METAL</td> </tr> </tbody> </table>		SPECIMEN No	WIDTH (inch)	THICKNESS (inch)	MAX LOAD (lbs)	UTS. (PSI)	FRACTURE LOCATION	T-1	0,99	0,268	16315,8	61429,9	BASE METAL	T-2	1,03	0,268	17896,7	64745,3	BASE METAL
SPECIMEN No	WIDTH (inch)	THICKNESS (inch)	MAX LOAD (lbs)	UTS. (PSI)	FRACTURE LOCATION														
T-1	0,99	0,268	16315,8	61429,9	BASE METAL														
T-2	1,03	0,268	17896,7	64745,3	BASE METAL														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>FACE BEND TESTS (QW-160)</b></td> </tr> </table>	<b>FACE BEND TESTS (QW-160)</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>ROOT BEND TESTS (QW-160)</b></td> </tr> </table>	<b>ROOT BEND TESTS (QW-160)</b>																
<b>FACE BEND TESTS (QW-160)</b>																			
<b>ROOT BEND TESTS (QW-160)</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">SPECIMEN No.</th> <th style="width: 70%;">RESULTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">FB-1</td> <td style="text-align: center;">ACCEPTED</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FB-2</td> <td style="text-align: center;">ACCEPTED</td> </tr> </tbody> </table>	SPECIMEN No.	RESULTS	FB-1	ACCEPTED	FB-2	ACCEPTED	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">SPECIMEN No.</th> <th style="width: 70%;">RESULTS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">RB-1</td> <td style="text-align: center;">ACCEPTED</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">RB-2</td> <td style="text-align: center;">ACCEPTED</td> </tr> </tbody> </table>	SPECIMEN No.	RESULTS	RB-1	ACCEPTED	RB-2	ACCEPTED						
SPECIMEN No.	RESULTS																		
FB-1	ACCEPTED																		
FB-2	ACCEPTED																		
SPECIMEN No.	RESULTS																		
RB-1	ACCEPTED																		
RB-2	ACCEPTED																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>NONDESTRUCTIVE TEST RESULTS</b></td> </tr> <tr> <td>RADIOGRAPHIC INSPECTION (GAMMA RAYS)      ACCEPTED</td> </tr> </table>		<b>NONDESTRUCTIVE TEST RESULTS</b>	RADIOGRAPHIC INSPECTION (GAMMA RAYS)      ACCEPTED																
<b>NONDESTRUCTIVE TEST RESULTS</b>																			
RADIOGRAPHIC INSPECTION (GAMMA RAYS)      ACCEPTED																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">                     WE CERTIFY THAT THE STATEMENTS IN THIS RECORD ARE CORRECT AND THE TEST WELD WERE                      PREPARED, WELDED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF BOILER PRESSURE                      VESSELS SECTION IX (1998 EDITION)                 </td> </tr> </table>		WE CERTIFY THAT THE STATEMENTS IN THIS RECORD ARE CORRECT AND THE TEST WELD WERE PREPARED, WELDED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF BOILER PRESSURE VESSELS SECTION IX (1998 EDITION)																	
WE CERTIFY THAT THE STATEMENTS IN THIS RECORD ARE CORRECT AND THE TEST WELD WERE PREPARED, WELDED AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF BOILER PRESSURE VESSELS SECTION IX (1998 EDITION)																			

Fuente: LMH, Ing Carlos Naranjo

Con el fin de ahorrar tiempo y dinero es importante mencionar que se pueden preparar varios procedimientos de soldadura a partir de los datos de un PQR, así como también se pueden cubrir varios cambios en las variables esenciales mientras exista un PQR de apoyo.

En conclusión se puede decir que la WPS proporciona dirección en el trabajo del soldador y el PQR contiene la información de los parámetros utilizados y los resultados de las pruebas al calificar la WPS.

### **2.6.5 CALIFICACIÓN DE HABILIDADES DE SOLDAR:**

El propósito de la calificación de soldadores es determinar la capacidad de los soldadores para realizar el depósito de metal de soldadura sano de acuerdo con especificaciones de procedimiento de soldar (WPS) calificadas.

Un soldador está calificado cuando cumple satisfactoriamente los requerimientos de aceptación del código de soldadura con el que se este trabajando, además la calificación del soldador debe ser conducida en presencia de la entidad responsable de certificar la habilidad del soldador, en donde se debe usar el procedimiento con el que va a trabajar el soldador en producción, en caso de que su calificación sea aceptada.

Durante cualquier etapa del proceso es posible dar por terminado la prueba de soldadura por parte del inspector, siempre y cuando se haga visible la falta de destreza del soldador para producir juntas de calidad.

Al igual que la calificación de procedimientos, la calificación de soldadores debe estar respaldada por un registro de todas las variables utilizadas en el proceso, así como también el tipo de pruebas y sus resultados.

#### **Procedimiento general para calificación de soldadores**

- Preparación y soldadura del cupón o espécimen de prueba de acuerdo a lo descrito en la especificación de procedimiento calificada.
- Extracción de las probetas de prueba necesarias para la calificación.
- Pruebas destructivas y no destructivas de las probetas (Radiografías y doblados en general)
- Evaluación de los resultados y calificación de las habilidades de soldar, dependiendo de los parámetros de aceptación del código con el que se trabaje.

## **2.6.6 CALIFICACIÓN DE CONSUMIBLES**

La calidad de los consumibles de soldadura es un aspecto muy importante que interviene en el proceso de construcción de juntas soldadas, cada fabricante de metales de aporte para soldadura tienen sus propios procedimientos en donde garantizan el buen funcionamiento de sus productos basados en las normas AWS para su producción.

Sin embargo para realizar trabajos de gran compromiso en el área de soldadura, es necesario tener calificado, a más de los procedimientos y soldadores, al metal de aporte para garantizar todos los trabajos que se realicen y salvaguardar vidas e instalaciones.

Los fabricantes de metales de aporte realizan la producción por lotes, en donde se supone que todos los productos del lote tienen las mismas características físicas y químicas. Técnicamente se debe realizar la calificación del metal de aporte por cada lote de producción del metal que se va a utilizar en la construcción de cualquier proyecto.

Al igual que la calificación de procedimientos y de soldadores la calificación de consumibles debe ser realizada y dirigida por personal capacitado y con experiencia en el medio, así como también la calificación de consumibles debe estar respaldada por un registro de todas las variables utilizadas en el proceso, así como también el tipo de pruebas y sus resultados, los cuales deben constar en el informe de calificación.

La calificación de consumibles está basada en los requerimientos y exigencias de las normas AWS desde la A5.1 hasta la A5.31, el código ASME también tiene normas para la calificación de consumibles las que son iguales a las AWS y tienen numeración similar, por ejemplo ASME SFA A5.1 igual AWS A5.1

### **Procedimiento general para calificación de consumibles**

El procedimiento general para la calificación de consumibles se lista a continuación:

- Preparación y soldadura del cupón de acuerdo a lo descrito en la norma requerida.



- Extracción de las probetas de prueba necesarias para la calificación. Estas probetas son realizadas con el material de aporte depositado.
- Pruebas destructivas y no destructivas de las probetas, dentro de estas pruebas están análisis químico de los principales elementos constituyentes del metal de aporte.
- Evaluación de los resultados y calificación del consumible dependiendo de los parámetros de aceptación de la norma con la que se trabaje.

## **2.7 SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA SOLDADURA**

Las prácticas seguras, u operaciones en condiciones de seguridad que hacen referencia específica a la soldadura, se basan en las especificaciones y normas editadas por: la AWS<sup>1</sup>, USASI<sup>2</sup>, la sociedad CGA<sup>3</sup> y la sociedad NFPA<sup>4</sup>. Que forman parte del Acta de Williams – Steiger sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, conocida comúnmente como OSHA.

Para realizar trabajos en las diversas aplicaciones que existen en la soldadura, con mucha frecuencia se selecciona el equipo por su disponibilidad, su costo, u otros factores, considerando en último lugar la seguridad. Un equipo de bajo costo puede resultar muy costoso si no puede trabajarse con él en condiciones de seguridad.

### **2.7.1 PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD**

Aún cuando la cooperación entre la industria de la soldadura y las organizaciones de prevención de incendios y de accidentes ha llevado a contar con aparatos con protecciones de seguridad construidas hasta donde es posible, el uso del sentido común, y tomar en cuenta algunas precauciones, reducirán en mayor grado la posibilidad de accidentes.

Para limitar al mínimo el riesgo de incendios y explosiones, hay que tomar en cuenta varias recomendaciones como:

---

<sup>1</sup> American Welding Society

<sup>2</sup> Instituto de Normas de los Estados Unidos

<sup>3</sup> Compressed Gas Association

<sup>4</sup> National Fire Protection Association

- No utilice cilindros de gas comprimido para soportar la pieza de trabajo que esté soldando o cortando, y no utilizar los cilindros como rodillos.
- No efectúe trabajos de soldadura o de corte en presencia de gases o vapores inflamables.
- Utilizar siempre un gas inerte o no inflamable, como el helio, argón, bióxido de carbono, el nitrógeno, o el vapor de agua, para purgar cualquier recipiente o estructura hueca que haya contenido una sustancia inflamable o explosiva, antes de soldarlos, calentarlos o cortarlos.
- Ventile siempre por taladrado o punzonado de agujeros cualesquiera huecos estructurales, recipientes encamisados o piezas fundidas, antes de comenzar cualquier trabajo de soldadura, calentamiento o aplicación de soldadura fuerte. Los gases se dilatan al calentarse y producen un aumento de presión, si el espacio en que están contenidos no es mayor que en el que estaban contenidos antes de calentarlos. El incremento de presión puede causar la explosión súbita de la parte que se esté soldando.
- No colocar una pieza de trabajo sobre un piso de concreto, cuando éste se calienta suficientemente, puede fragmentarse y saltar en perjuicio del soldador u otras personas.
- Dejar siempre los cilindros de oxígeno y acetileno fuera de tanques o de otras zonas confinadas
- No bajo ninguna circunstancia, permita que se agregue una carga extra de carburo, a una carga de agua en un generador de acetileno
- No intente pasar gas de un cilindro a otro
- No mezcle gases en un cilindro
- No utilice un cilindro que tenga fugas de gas

Para limitar al mínimo la posibilidad de miembros mutilados, hay que tomar en cuenta varias recomendaciones como:

- Colocar siempre las guardas adecuadas (conforme a las normas OSHA) sobre los equipos de transmisión de potencia mecánica, como engranajes, ejes de transmisión o embragues, con los que pudieran entrar en contacto las manos o los dedos del soldador.

- No trabajar sobre andamios, plataformas o pasillos si no están provistos de pasamanos adecuados, cinturones de seguridad, líneas de seguridad, o alguna otra guarda igualmente efectiva (conforma a las normas OSHA)
- No tirar las puntas sobrantes de los electrodos o varillas de soldadura en donde puedan ser pisadas, para evitar que se resbalen y caigan los trabajadores
- Asegurarse de que las ruedas de equipo portátil pesado o partes internas móviles, estén perfectamente bloqueadas, para evitar movimientos accidentales
- Para prevenir retrocesos de llama utilizar siempre válvulas de retención contra inversión o contrapresión, en los cilindros, en los generadores y cuando sea posible en el mango del soplete.
- Para minimizar las probabilidades de combustión espontánea producida por mezcla de oxígeno con aceite o grasa, o de cobre con acetileno:
  - o Nunca mover cilindros de oxígeno, válvulas, reguladores, mangueras ni accesorios con las manos aceitosas, con guantes o con equipo que tenga grasa
  - o Nunca permitir que exista contacto con acetileno con cobre sin alear, excepto en la punta o boquilla del soplete
- Para poder hacer el cierre rápido del cilindro de acetileno en una emergencia:
  - o Nunca abrir la válvula del cilindro de acetileno más de una y media vueltas
  - o Deje siempre la llave T o el manipulador colocados sobre el vástago de la válvula, mientras este en uso el acetileno
- Para prevenir daños al cilindro, o confusión para el usuario:
  - o Mantenga siempre las cubiertas protectoras de las válvulas en su lugar (excepto cuando este en uso los cilindros)
  - o Nunca use las cubiertas de protección de las válvulas para llevar los cilindros de una posición vertical a otra
  - o Marque siempre claramente los cilindros vacíos

- Asegure siempre los cilindros en su posición vertical con soleras, prensas, cadenas o dispositivos similares mientras estén en uso.

## **2.7.2 PRACTICAS DE SEGURIDAD PARA SOLDADURA CON ARCO**

Deben observarse varias reglas de seguridad como las que se mencionan a continuación:

- No ponga a trabajar generadores eléctricos accionados por motor de combustión interna dentro de edificios o zonas confinadas, a menos que se hayan tomado las providencias necesarias para extraer el CO que se produce.
- No dejar que los cables de suministro de energía de las máquinas soldadoras portátiles se enreden con los cables de soldar, y evitar que los cables queden cerca de las operaciones de soldadura como para que su aislamiento pueda dañarse
- Mantenga siempre las terminales de soldadura y los cables primarios de alimentación de energía fuera de escaleras, pasillos o puertas
- Repare o cambie inmediatamente los cables defectuosos, de acuerdo a su capacidad de resistencia y aplicación. Utilizar únicamente conectores aislados para cable, del tipo de seguro de perno.
- Apague siempre la máquina de soldar cuando vaya a dejar por un período de tiempo prolongado
- No meter en agua un portaelectrodo caliente
- Mantenga siempre los cables de soldar limpios de grasa y aceite
- No deje que los cables de soldar queden asentados en agua, en tierra, en zanjas o en fondos de tanques
- Instalar siempre las máquinas de soldar de acuerdo con las normas NEMA
- No realizar reparaciones a la máquina si antes desconectar la corriente de alimentación
- No cambiar el interruptor de polaridad estando la máquina bajo carga
- No sobrecargue un cable de soldadura
- No trabaje una máquina con conexiones deficientes. Evite las zonas húmedas, y mantenga las manos y la ropa secas en todo momento

- No haga saltar un arco sobre un cilindro de gas a presión o si está cerca alguien sin protección adecuada para ojos, careta o rejilla
- Cuidar siempre que la porción no aislada del portaelectrodo no toque la tierra de la soldadura cuando esté conectada la corriente
- No cargue cables de soldar enrollados sobre sus hombros mientras están energizados.

**Tabla 2.10: Calibres de cable recomendados para soldadura manual**

TAMAÑO DE MAQUINA ( Amp)	CICLO DE SERVICIO (%)	CALIBRES DEL CABLE DE Cu PARA TRAMOS COMBINADOS DE CABLE DEL ELECTRODO MAS EL CABLE DE TIERRA ( # )				
		Hasta 50 pies	50 – 100 pies	100 – 150 pies	150 – 200 pies	200 – 250 pies
100	20	8	4	3	2	1
180	20	5	4	3	2	1
180	30	4	4	3	2	1
200	50	3	3	2	1	1/0
200	60	2	2	2	1	1/0
225	20	4	3	2	1	1/0
250	30	3	3	2	1	1/0
300	60	1/0	1/0	1/0	2/0	3/0
400	60	2/0	2/0	2/0	3/0	4/0
500	60	2/0	2/0	3/0	3/0	4/0
600	60	3/0	3/0	3/0	4/0	
650	60	3/0	3/0	4/0		

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Cap. 13 Prácticas seguras en la soldadura

### 2.7.3 EQUIPO DE PROTECCION PARA SOLDADORES

El equipo que se menciona a continuación es el necesario para efectuar trabajos seguros de soldadura.

- Gafas con vidrios filtrantes adecuados para trabajar con soplete
- Casco con lentes filtrantes o un protector del calor para soldar con arco
- Gafas contra llama, con protectores laterales y lentes apropiados en todo momento.
- Guantes y mandiles de cuero
- Zapatos de trabajo adecuados
- Mandiles, chompas protectoras

Las gafas y los cascos protegen los ojos de las chispas y fragmentos de escoria volantes, así como también de la luz intensa y los rayos perjudiciales de la llama del arco, también ayuda a ver la pieza de trabajo

Mantener seco y libre de aceite el equipo de protección, y tener cuidado que la ropa no se enaceite, no llevar fósforos ni encendedores en los bolsillos.

#### **2.7.4 PREVENCIÓN DE INCENDIOS**

Existen prácticas generales de seguridad para prevenir incendios las que se mencionan a continuación:

- En lo posible, no debe realizarse soldadura ni corte en donde resulte peligrosa una llama abierta o un arco, como ocurre en presencia de atmósferas explosivas, ni cerca de los almacenajes de materiales de fácil ignición.
- Al soldar o cortar cerca de materiales combustibles deben tomarse precauciones especiales, para asegurarse de que las chispas o escoria caliente, no se ponga en contacto con el material combustible, para iniciar un incendio.
- El material combustible debe moverse, alejándolo a una distancia segura (11 m), cuando la pieza de trabajo no pueda moverse del lugar. Se debe proteger los materiales combustibles con cubiertas a prueba de llamas, o con guardas de metal o asbesto.
- Se debe limpiar los pisos en un radio de 11 m. además los pisos combustibles deben mojarse perfectamente, en donde el personal debe protegerse de choques eléctricos.
- Es preferible cubrir los pisos de madera donde haya probabilidad de que caigan chispas o trozos de metal caliente, también cuando haya aberturas o grietas en el piso, de cualquier manera debe cubrirse el piso con metal, o con algún material incombustible adecuado. Deben tomarse precauciones para impedir que la escoria caliente o las chispas caigan en los espacios huecos de las máquinas herramientas.
- Cuando sea necesario realizar trabajos de soldadura o corte en las cercanías de lugares en los que no pueden eliminarse los materiales

combustibles, debe contarse en el sitio con equipo de protección contra incendios adecuados.

- Un soldador o cortador debe verificar sus instrucciones con su supervisor antes de comenzar a realizar el trabajo.
- La emisión de permisos escritos firmados por el supervisor de la zona o del departamento de protección de la planta ha resultado muy efectiva para la reducción de incendios en muchas plantas.

## **EQUIPO PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS**

Cerca de toda operación de soldadura o corte debe mantenerse el equipo adecuado para la extinción de incendios que corresponda a las normas de la OSHA. Lo adecuado del equipo se determina mediante un análisis de las condiciones que se observen en la escena de las operaciones. Si por ejemplo, el único material combustible que hay dentro del alcance de las operaciones de soldadura o corte, o de las chispas producidas por éstas, es un impermeabilizante de tipo asfáltico, puede ser adecuado un extinguidor de CO<sub>2</sub>. Sin embargo en un espacio pequeño, el operador puede no ser capaz de salir rápidamente en caso de incendio, y el uso de CO<sub>2</sub> puede ser perjudicial. Bajo estas condiciones sería preferible el uso de agua de una tubería de 1 ½ plg o de un depósito con bomba.

En el caso de protección de incendios eléctricos, si no se puede proteger adecuadamente el aislamiento de un equipo eléctrico, y éste es el único material combustible presente, un rociador de agua puede ser más peligroso que el fuego mismo. Para combatir incendios debe contarse con extinguidotes de CO<sub>2</sub>.

No deben usarse extinguidores de tetracloruro de carbono. Este producto se descompone sobre el metal caliente para formar fosgeno, gas mortífero.

### **2.7.5 PROTECCIÓN DE OJOS Y CARA**

Gafas y caretas.- los ojos y las caras del personal que se encuentra en las cercanías del proceso de soldadura y corte, como son, soldadores, cortadores,

ayudantes, rebabeadores, inspectores; deben protegerse de los destellos, la brillantez y las partículas voladoras por medio de cascos apropiados, protectores sostenidos a mano y gafas.

Tipos de gafas.- existen dos tipos generales de gafas, las que se indican a continuación:

- *Las de tipo de anteojos:* son las que se fabrican con y sin protectores laterales metálicos. Pueden tener puente metálico rígido no ajustable o puente ajustable.
- *Las de copa de ojos:* las que tienen contenedores flexibles para lentes, conformados a la configuración de la cara. Se ha diseñado una copa de ojo a manera de cubierta, para poderla usar sobre lentes graduados, aunque también puede usarse sola. La selección del equipo de protección apropiado para ojos y cara debe hacerla una persona responsable que sepa muy claramente de la protección que se necesita.

Soldadura hacia arriba o sobrecabeza.- al soldar o cortar cerca o arriba del nivel de los ojos deben usarse solo las gafas de copa de ojo o del tipo de cubierta.

Gafas para soldadura con gas.- durante todas las operaciones de soldadura o corte con gas deben usarse las gafas de tipo anteojos (con protectores laterales), las de copa de ojo, o las del tipo de cubierta. Las gafas del tipo de anteojos sin protectores laterales y con lentes de fibra adecuados se permiten para inspección, o para su uso en trabajos ligeros de soldadura a gas.

Protección para soldadura con arco eléctrico.- deben usarse cascos o protectores sostenidos a mano durante todas las operaciones de soldadura o corte con arco. Debe usarse también gafas de tipo de anteojos (con protectores laterales), para tener protección contra los rayos perjudiciales procedentes de trabajos adyacentes y de objetos voladores.

Sombra de los lentes.- el objetivo de los lentes filtrantes con tinte no es sólo el de disminuir la intensidad de la luz visible hasta el punto de reducir al mínimo la



brillantez, de manera que pueda verse fácilmente la zona de la soldadura, sino el de proteger también al soldador de la perjudicial radiación infrarroja y ultravioleta que produce el arco de llama.

**Tabla 2.11: Sombras de lentes recomendados para diversos procesos de soldadura. Guía para la selección de gafas.**

<b>TIPO DE SOLDADURA</b>	<b>SOMBRA DE LOS LENTES</b>
Luz que se desvía de la soldadura o corte	1.7 – 4
Trabajos de vaciado de metal y de hornos	1.7 – 4
Corte y soldadura ligeros hechos con gas; Soldadura eléctrica por puntos, de tipo ligero	5
Corte con gas, soldadura mediana con gas, y soldadura y corte con arco hasta 30 amp.	6 – 7
Soldadura pesada con gas, y soldadura y Corte con arco hasta de 75 amp.	8 – 9
Soldadura y corte con arco hasta de 200 amp.	10 – 11
Soldadura y corte con arco hasta de 400 amp.	12 – 13
Soldadura y corte con arco sobre los 400 amp.	14

Fuente: Soldadura: aplicaciones y práctica; HORWITZ, Cap. 13 Prácticas seguras en la soldadura

Uso múltiple del equipo personal.- los cascos y las gafas no deben pasarse de una persona a otra sin que se les haga una limpieza antiséptica. Los atomizadores antisépticos caseros comunes son adecuados para este objeto.

Pintura en negro de las naves de soldadura.- en los lugares en los que se hace en forma regular la soldadura con arco, las paredes de la nave de soldadura deben pintarse de negro o de algún color que no refleje la luz. De lo contrario deben encerrarse al soldador y la pieza de trabajo y el operador en una caseta para soldadura.

Casetas portátiles.- cuando el trabajo lo permite, los trabajadores y el personal adyacente a las áreas de soldadura deben protegerse de las radiaciones encerrando o circundando el área de trabajo con mamparas a prueba de llamas, o con casetas individuales que hayan sido pintadas de un color no reflejante (óxido de zinc, negro de humo)

## **2.7.6 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Los riesgos del sistema respiratorio del soldador, asociados con los trabajos de soldadura, se deben en gran parte a la inhalación de gases, polvos y humos metálicos. Para disminuir las probabilidades de daños se deben tomar en cuenta precauciones relativamente simples.

La cantidad de humos o gases que el soldador tiene probabilidades de inhalar está regida por factores tales como: las dimensiones de la zona de aplicación de la soldadura, el número de soldadores, el tiempo de duración del arco, la ventilación con que se cuente, el tipo de materiales de soldadura que intervenga, y el tamaño de la pieza de trabajo. La posición de la cabeza del soldador respecto a la trayectoria de los humos es muy importante ya que dependiendo de la posición de la cabeza puede existir una relación de exposición de 1:10 o mayor, para realizar el mismo trabajo.

### **EQUIPO RESPIRATORIO DE PROTECCION.-**

- Mascarilla de nariz: puede utilizarse cuando no resulte practicable la ventilación local, o en el caso de materiales muy tóxicos se usa como complemento de la ventilación local.
- Mascarilla de nariz conectada a una línea de aire: dan protección adecuada para todos los tipos de contaminante.
- Caretas para soldar con mascarilla y suministro de aire: estas tienen poca aceptación por parte de los soldadores por su combinación de utilidades.
- Respiradores de tipo de filtro para humos metálicos: cuando se utilizan hay que realizar un mantenimiento adecuado.

### **ROPA PROTECTORA.-**

Los requerimientos para la ropa protectora varía con el tamaño, la naturaleza y la ubicación del trabajo; en cualquier caso debe ser suficiente para proteger al soldador contra quemaduras, salpicaduras, y en el caso de la soldadura o el corte con arco, contra la energía radiante del arco.

## **CAPITULO 3: ESTUDIO DE MERCADO DE LOS SERVICIOS EN SOLDADURA**

### **3.1 EL SERVICIO DE SOLDADURA EN EL MERCADO**

El estado actual de la soldadura dentro de la industria ecuatoriana con respecto a la calificación, certificación e inspección es limitado, ya que no se le ha dado la importancia que tiene como herramienta generadora de calidad. Solo las empresas que tienen verdadero compromiso con la seguridad entienden que los procesos de validación de la soldadura les permiten entregar productos de calidad. Muchas empresas ecuatorianas se preocupan por tener dentro de su grupo laboral a personas capacitadas y certificadas en el área de soldadura como es el caso de la mayoría de empresas petroleras y de construcción de obras de infraestructura, sin embargo otro grupo de empresas como la textil, alimenticia, agroindustrial y otras no manejan este tipo de conceptos ya que en su proceso productivo no se utiliza mayoritariamente la soldadura, lo cuál es un grave error ya que la seguridad en juntas soldadas debe ser indispensable en todo tipo de actividad productiva.

Ventajosamente hechos como la construcción del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Ecuador o el Tratado de Libre Comercio (TLC) que se aproxima, ayudan a crear conciencia sobre la importancia de hacer las cosas bien para poder ser competitivos. La forma como se puede mejorar en el campo de la soldadura en el mercado ecuatoriano es contando con personal calificado y certificado, procedimientos estandarizados y normalizados, materiales y equipos certificados.

#### **3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS**

Los servicios principales que se pretenden implementar con el presente proyecto son los siguientes:

- Calificación y certificación de soldadores (Welder Performance Qualification WPQ) de acuerdo a los códigos ASME, API y AWS.
- Calificación y certificación de procedimientos (Welding Procedure Specification WPS) de acuerdo a los códigos ASME, API y AWS.

- Certificación de consumibles de acuerdo a especificaciones AWS y ASME.
- Servicio de ensayos no destructivos (Partículas Magnéticas, Ultrasonido y Radiografía Industrial)
- Cursos de capacitación para soldadores para los procesos de mayor demanda obtenidos en la encuesta, los cuales son: SMAW, GMAW, GTAW y FCAW.

Los servicios complementarios que se pretenden implementar con el presente proyecto son los siguientes:

- Cursos de capacitación para soldadores de acuerdo a las necesidades específicas de una empresa en particular.
- Servicio de ensayos destructivos (ED) de acuerdo a lo requerido en las especificaciones con el apoyo del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la FIME.
- Consultorías a empresas.

### **3.1.2 METODOLOGIA UTILIZADA PARA OBTENER LOS DATOS**

El procedimiento empleado para obtener datos por medio de las encuestas fue elegir un área geográfica determinada dentro del Ecuador, así la provincia de Pichincha fue seleccionada por ser la más accesible, además de ser el lugar donde se encuentra la ESPE. Las empresas escogidas dentro de la provincia de Pichincha fueron las inscritas en la Cámara de Industriales de Pichincha. A estas empresas (469 en total) se les envió una encuesta vía correo electrónico. De éstas, 23 enviaron una respuesta, lo que corresponde aproximadamente al 5%. Este porcentaje corresponde al tamaño de muestra, la misma que esta dividida en dos estratos. El primer estrato está conformado por las empresas del sector petrolero y de construcción y el segundo por empresas dedicadas a otras actividades productivas. El análisis de los datos recopilados se realizará en el primer estrato.

La entrevista fue otra de las herramientas que utilizada para entender mejor la situación real de la soldadura en la industria ecuatoriana. Entre las personas

entrevistadas está el Ing. Telmo Sánchez Jefe de Producción de la Fábrica Santa Bárbara, Ing. Doyle Villegas Jefe de Inspección Técnica de la Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) y el Ing. César Chipantiza del área de planificación de Calderería y Soldadura de la REE.

### 3.2 EL ÁREA DEL SERVICIO DE SOLDADURA

En el Ecuador dentro de la industria las aplicaciones tradicionales de soldadura han sido para sectores de mantenimiento y/o metalmecánica, muy pocas han sido las aplicaciones de mayor nivel, por este motivo es que el desarrollo en este campo ha sido mínimo. Sin embargo, actualmente la soldadura juega un papel muy importante en empresas del sector petrolero o de construcción, sin restar importancia a empresas del tipo alimenticio, químico, textil, etc., pero las que mayormente utilizan la soldadura y procesos asociados son las inicialmente mencionadas (Ver tabla 3.1 y 3.2). Es por este motivo que el estudio va encaminado al sector productivo asociado con el petróleo y la construcción, ya que son las empresas que por utilizar más este proceso se encuentran más comprometidas con los riesgos que implican los trabajos en soldadura y por tanto necesitan manejarse mediante códigos y normas que garanticen la calidad de sus productos además de la seguridad de las instalaciones y personal.

**Tabla 3.1: Porcentaje de utilización de procesos de soldadura y aplicaciones en el sector petrolero y de construcción**

<b>ORD.</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>ACTIVIDAD PRODUCTIVA</b>	<b>USO SOLDADURA (%)</b>
1	CONSTRUCCIONES VEGA (PERFOREC)	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS Y MONTAJE DE EQUIPOS	90 – 100
2	REPSOL YPF	PRODUCCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO	80 – 90
3	FABRICA DE MUNICIONES "SANTA BÁRBARA"	FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	80 – 90
4	ACINDEC	METAL MECÁNICA	70 – 80
5	INTERMETAL (KUBIEC)	FABRICACIÓN DE VIGAS DE ACERO	50 – 60
6	OCCIDENTAL	EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO	50 – 60
7	CONDUTO S.A.	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	50 – 60
8	CITY ORIENTE	OPERADORA PETROLERA	30 – 40
9	REPSOL YPF (INSPECCIÓN DE SOLDADURA Y CORROSIÓN)	PRODUCCIÓN PETROLERA	20 – 30

**Tabla 3.2: Porcentaje de utilización de procesos de soldadura y aplicaciones en sectores comerciales, alimenticios, textiles, de comunicación, etc.**

ORD	EMPRESA	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	USO SOLDADURA (%)
1	ELECTRO ECUATORIANA	COMERCIAL E INDUSTRIAL	50 – 60
2	GENERAL MOTORS	ENSAMBLAJE DE VEHÍCULOS	40 – 50
3	CERVECERIA ANDINA S.A.	FABRICACIÓN DE BEBIDAS	20 – 30
4	FESTA S.A.	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE MADERA	20 – 30
5	PASTEURIZADORA QUITO	PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS LÁCTEOS	10 – 20
6	MARESA	ENSAMBLAJE DE VEHÍCULOS	10 – 20
7	CONGAS	COMERCIALIZACIÓN DE GAS	10 – 20
8	SIPIA S.A.	AGROINDUSTRIA	0 – 10
9	INTERQUIMEC	INDUSTRIA QUÍMICA	0 – 10
10	TEXTIL SAN PEDRO	INDUSTRIA TEXTIL	0 – 10
11	CERRADURAS ECUATORIANAS	METAL MECÁNICA	0 – 10
12	FIDEOS PACA	PRODUCCIÓN DE PASTAS ALIMENTICIAS	0 – 10
13	EL COMERCIO	MEDIO DE COMUNICACIÓN ESCRITO	0 – 10

### 3.3 ANÁLISIS DE DEMANDA

El análisis de la demanda lo realizamos con la información obtenida de la encuesta elaborada para este proyecto (Ver ANEXO II).

#### 3.3.1 RESPECTO A LOS PROCESOS DE SOLDADURA

Los procesos de soldadura que tienen mayor demanda en la industria ecuatoriana en el sector petrolero y de construcción son: GMAW, FCAW, SMAW y GTAW y los de corte son: oxiacetilénico y plasma, como se muestra en la figura 3.1. Dentro del medio de la soldadura, el país cuenta con soldadores de excelente habilidad, los mismos que manejan y conocen los diversos procesos de soldadura de manera práctica, sin embargo su fundamento teórico es mínimo, lo que disminuye la eficiencia de los procesos productivos y además contribuye con la falta de calidad en el producto final. Es por este motivo que uno de los servicios que se pretende en este proyecto es dictar cursos teórico – prácticos para soldadores y fomentar en ellos bases más

sólidas que las puedan aplicar en los procesos de producción de las distintas empresas que lo requieran.

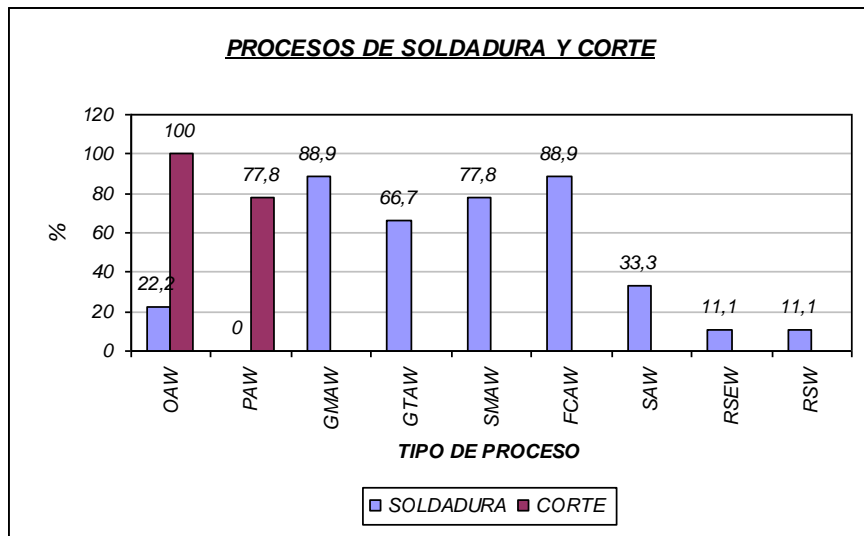


Figura 3.1: Procesos de soldadura y corte utilizados en la industria ecuatoriana

### 3.3.2 RESPECTO A LOS SERVICIOS DE SOLDADURA

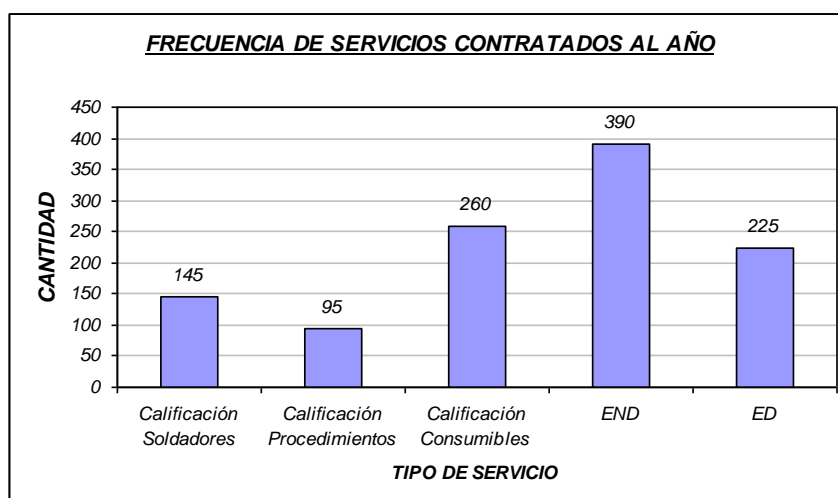
Para obtener elementos soldados de excelente calidad es necesario realizar algunos procesos que garanticen trabajos eficientes. Algunas de estas herramientas son: la calificación de soldadores, procedimientos y consumibles, esto implica la aplicación de ensayos no destructivos y destructivos en las juntas soldadas. De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta se aprecia claramente que la demanda de éstos en el período de un año es elevada, por lo que es factible enfocar los servicios que se pretenden prestar en el Centro de Servicios en Soldadura en estos cinco grupos. Más adelante, se analizarán los factores económicos que determinarán la viabilidad del proyecto relacionada con la prestación de los servicios mencionados.

Otro servicio del Centro de Soldadura son los cursos de capacitación de soldadores, cuya demanda se indica en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3: Demanda Cursos de Capacitación**

<b>CURSOS DE CORTE Y SOLDADURA (2005)</b>			
<b>CURSO</b>	<b>DEMANDA DE CURSOS AL AÑO</b>	<b>PERSONAS/ CURSO</b>	<b>TOTAL PERSONAS AÑO</b>
SMAW	6	10	60
GMAW			
GTAW			
FCAW			
OXICORTE			

Fuente: SECAP



**Figura 3.2: Cantidad de servicios de soldadura utilizados**

### 3.3.3 RESPECTO A LOS END

Lo relacionado con ensayos no destructivos, la inspección visual y la inspección con tintas penetrantes son lo que se utilizan siempre, debido a su bajo costo y accesibilidad, pero como se aprecia en la figura 2.3 existen otros ensayos muy importantes que se los emplea de acuerdo a la aplicación, por ejemplo la inspección por radiografía es muy utilizada para calificar soldadores y procedimientos.



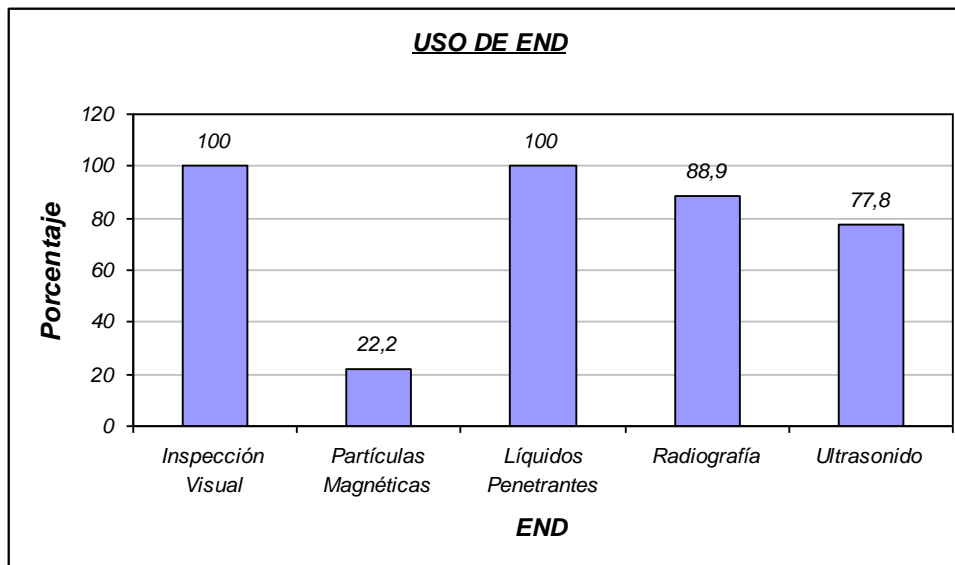


Figura 3.3: Cantidad porcentual de ensayos no destructivos utilizados para verificar la calidad de la soldadura en la industria

### 3.3.4 RESPECTO A LAS APLICACIONES DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA EN LA INDUSTRIA

Dependiendo de la actividad productiva a la que se dedique la empresa (en este caso el sector petrolero y de construcción) las aplicaciones de soldadura se relacionarán. En la figura 3.4 se aprecia que aplicaciones como suelda de recipientes a presión, de estructuras metálicas, tanques de almacenamiento y tuberías de oleoducto son las de mayor demanda, por tal motivo los cursos de capacitación pueden enfocarse en estas aplicaciones, utilizando la normativa necesaria.

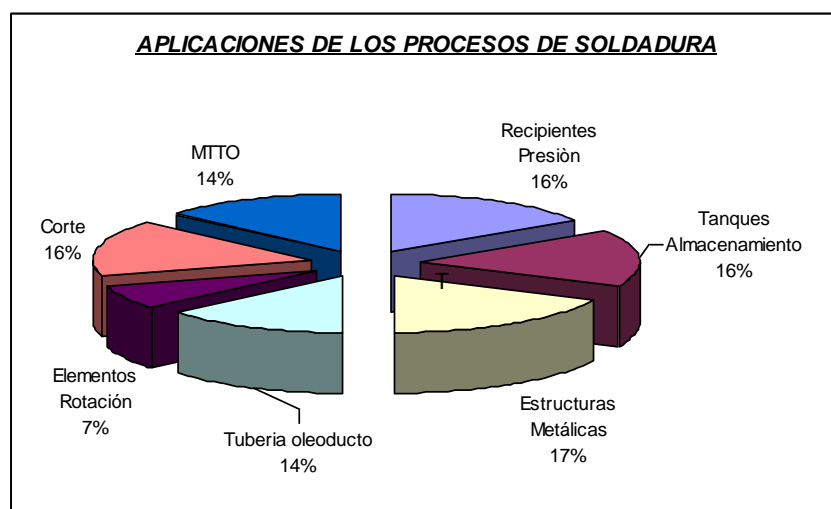


Figura 3.4: Aplicaciones de los procesos de soldadura dentro de la industria ecuatoriana

### 3.3.5 RESPECTO A LOS CÓDIGOS Y NORMAS UTILIZADAS

En el Ecuador no existen normas nacionales que permitan realizar trabajos de alto nivel en soldadura, es por este motivo que la mayoría de empresas utilizan metodología de trabajo basado en códigos y normas internacionales, que de acuerdo al estudio, las más utilizadas son: ASME, AWS y API. (Ver figura 3.5)

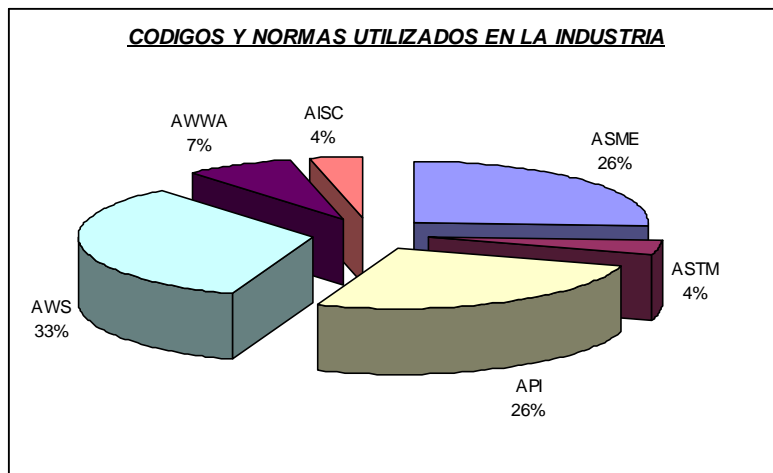


Figura 3.5: Principales códigos y normas de soldadura con los que se trabaja en la industria

### 3.3.6 RESPECTO A LOS MATERIALES BASE

Los materiales que se pueden soldar son varios, pero algunos de ellos se utilizan más que otros en la industria, como es el caso del acero al carbono y de los aceros aleados. De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta, el material base más utilizado es el acero en sus diferentes composiciones.

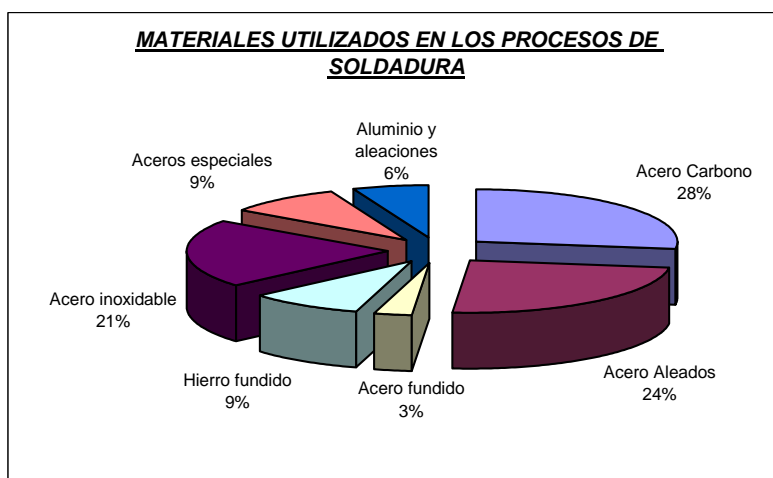


Figura 3.6: Materiales base utilizados en los procesos de soldadura

### 3.3.7 RESPECTO A LAS PREFERENCIAS DE INSPECTORES DE SOLDADURA

Es importante destacar que la industria ecuatoriana se preocupa por tener dentro de su personal a inspectores que verifiquen la calidad de los trabajos realizados en el área de soldadura, que cuenten con certificación internacional como por ejemplo Inspector Certificado en Soldadura (CWI). Sin embargo existe un pequeño grupo de empresas que emplean soldadura de alto nivel que todavía utilizan personal de gran experiencia pero sin acreditación, como es el caso de la Refinería Estatal de Esmeraldas (REE).

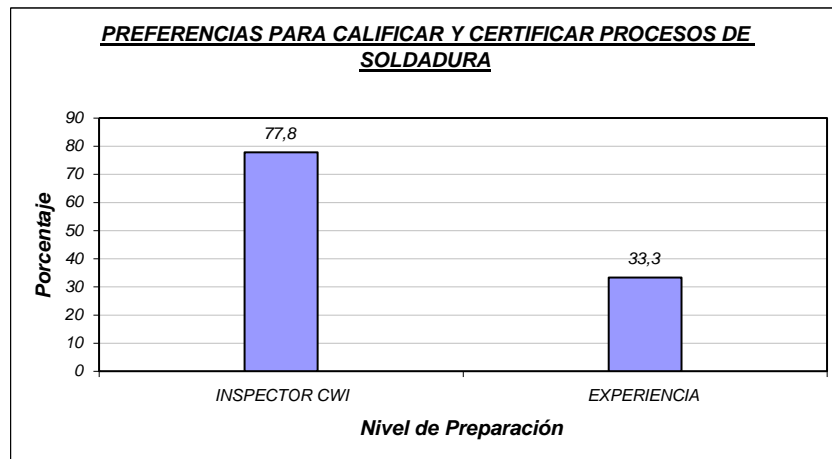


Figura 3.7: Preferencias de las industrias en cuanto a inspectores para verificar la calidad de las juntas soldadas.

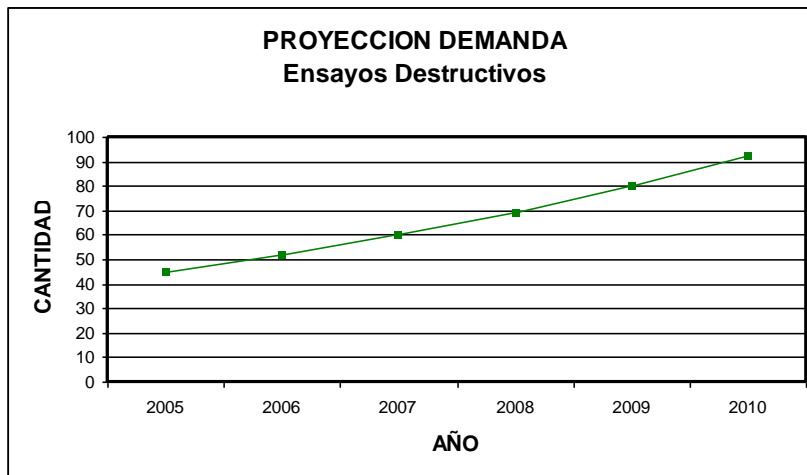
### 3.3.8 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La demanda proyectada de los servicios de soldadura, está basada en los trabajos realizados en la Fábrica de Municiones Santa Bárbara. En el ANEXO III se exponen los proyectos realizados por dicha empresa en el año 2005 y a continuación se muestra la tabla 3.4 con la demanda proyectada para calificación de soldadores, procedimientos y consumibles, así como para ensayos destructivos y no destructivos en un período de cinco años.

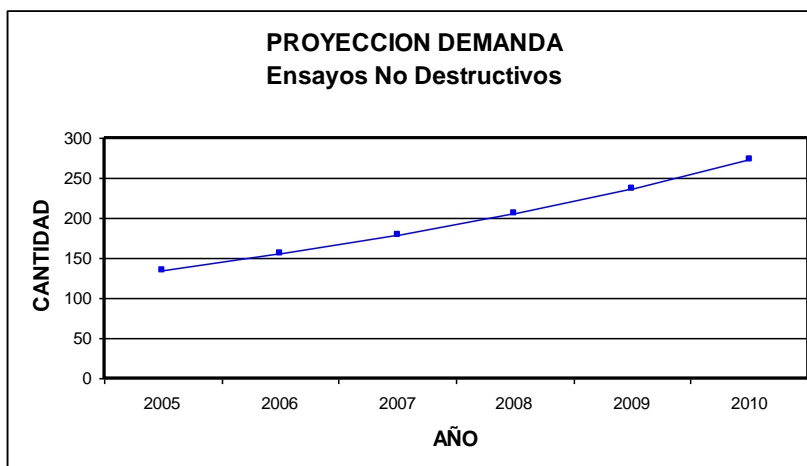
**Tabla 3.4: Demanda proyectada para servicios de soldadura**

AÑO	SERVICIOS DE SOLDADURA PROYECTADOS				
	C. Soldadores	C. WPS	C. Consumibles	END	ED
2005	38	26	5	134	45
2006	44	30	6	155	52
2007	51	35	7	179	60
2008	59	41	9	206	69
2009	68	48	11	237	80
2010	79	56	13	273	92

Fuente: FMSB; Ing. Telmo Sánchez



**Figura 3.8: Proyección de la demanda de ensayos destructivos**



**Figura 3.9: Proyección de la demanda de los ensayos no destructivos**

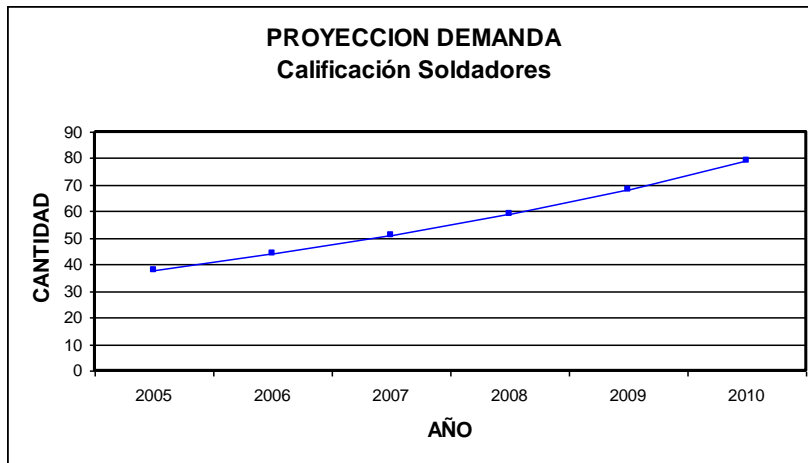


Figura 3.10: Proyección de la demanda para calificación de soldadores

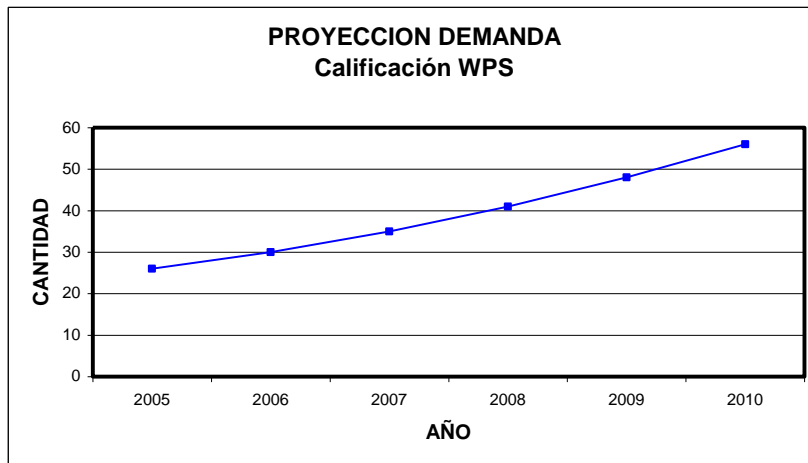


Figura 3.11: Proyección de la demanda para calificación de WPS

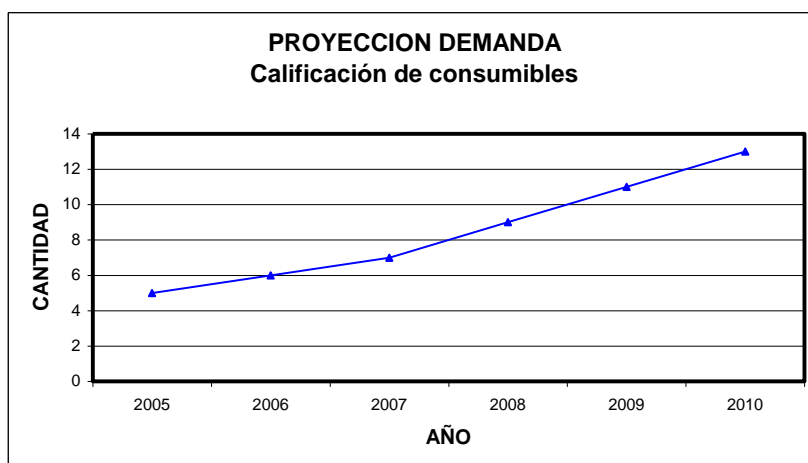


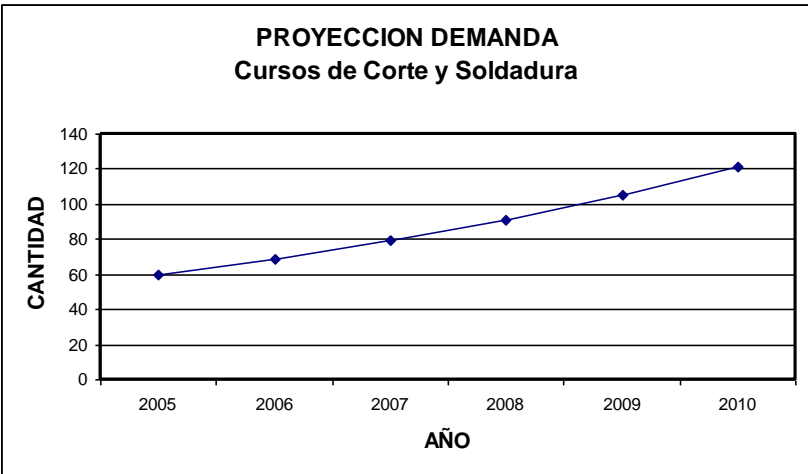
Figura 3.12: Proyección de la demanda para calificación de consumibles

La demanda proyectada de los cursos de soldadura, está basada en la demanda que tiene el SECAP. A continuación se muestra la tabla 3.5 con la demanda proyectada de personas para cursos de soldadura y corte.

**Tabla 3.5: Demanda proyectada de personas para cursos de capacitación**

<b>PROYECCIÓN CURSOS DE CORTE Y SOLDADURA</b>	
<b>AÑO</b>	<b>CANTIDAD PERSONAS AÑO</b>
2005	60
2006	69
2007	79
2008	91
2009	105
2010	121

Fuente: SECAP



**Figura 3.13: Proyección de la Demanda para Cursos de Corte y Soldadura**

### 3.4 ANÁLISIS DE OFERTA

#### 3.4.1 LOS COMPETIDORES EN EL MERCADO

Los primeros competidores son las mismas empresas, ya que algunas o muchas de ellas cuentan con códigos internos propios que les permiten calificar soldadores y procedimientos y certificarlos de acuerdo a sus propios requerimientos, como es el caso de CONDUTO, SANTOS CMI, TECHINT.

También existen instituciones, empresas o personas naturales especializadas en calificar y certificar soldadores, procedimientos y consumibles como es el caso de:

- AGA del Ecuador
- Escuela Politécnica Nacional (EPN)
- Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL)
- Ing. Jairo Alberto Becaria MBA (CWI), Servicios Integrales de Inspección Técnica. Peritaje – Consultoría – Proyectos.<sup>5</sup>
- Ing. Miguel Erazo (CWI), entre otros

Así también existen empresas que se dedican exclusivamente a prestar servicios de ensayos no destructivos para soldadura, como son:

- ENDE, Ensayos no destructivos del Ecuador. Ing. Cesar Espinosa
- SENDRE
- SENDIP, Servicio de END<sup>6</sup>

Las empresas o instituciones que se dedican a realizar cursos de capacitación para soldadores son:

- AGA del Ecuador
- EPN
- SECAP

El análisis químico de material depositado lo realiza ANDEC FUNASA, PBX: 04 2482833 ext: 310.

Más adelante se analizan los precios relacionados con los servicios mencionados de algunas empresas para establecer un margen de referencia del cual partir.

### **3.5 DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA**

El precio final de los servicios que ofrecerá el Centro de Soldadura se lo determinó mediante el costo de producción de cada servicio más un porcentaje de ganancia sobre el mismo, cálculo que está desarrollado en el ANEXO IV. A continuación, en la tabla 3.6 se muestra un resumen de los precios finales para cada servicio.

---

<sup>5</sup> Teléfono 02 2869 467. E – mail: jairobecaria@hotmail.com

<sup>6</sup> gonzaloaviles5@hotmail.com

**Tabla 3.6: Precios finales para cada servicio de soldadura**

SERVICIO	COSTO	% GANANCIA	PRECIO
CALIFICACIÓN SOLDADORES	87,92	90	167,04
CALIFICACION PROCEDIMIENTOS	246,10	175	676,77
CALIFICACIÓN CONSUMIBLES	373,16	130	858,28
CURSOS DE SOLDADURA	100,00	33	133,00
CURSO CORTE OXIACETILENICO	56,00	54	86,00
ENSAYO DE GAMMAGRAFÍA	10,00	100	20
ENSAYO DE ULTRASONIDO	12,00	100	24
ENSAYO DE PARTICULAS MAGNETICAS	8,00	100	16

### 3.6 ANALISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO

En las tablas 3.7, 3.8 y 3.9 se muestra los precios aproximados en el Mercado de los servicios de calificación de soldadores, procedimientos, consumibles y cursos de capacitación en soldadura actualizados a diciembre del 2005.

**Tabla 3.7: Precios de Calificación de Soldadores, Procedimientos y Consumibles del Mercado I**

SERVICIO	PARÁMETROS	ENSAYO	CÓDIGO	PRECIO
CALIFICACIÓN DE SOLDADORES	PLACA E = 6,4 A 12,5MM	DOBLADOS	AWS D1.1	280,00 USD
	TUBERÍA Ø = 1.5 A 8"	RADIOGRAFÍA	AWS D1.1	360,00 USD
CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS	PLACA E = 6,4 A 12,5MM	DOBLADOS	AWS D1.1	1000,00 USD
		RADIOGRAFÍA	AWS D1.1	
CALIFICACIÓN DE CONSUMIBLES	CON SOLDADOR		AWS A5.29	860,00
	SIN SOLDADOR		AWS A5.29	920,00

Fuente: EPN; Laboratorio de Soldadura

**Tabla 3.8: Precios de Calificación de Soldadores, Procedimientos y Consumibles del Mercado II**

SERVICIO	PARÁMETROS	CÓDIGO	PRECIO
CALIFICACIÓN DE SOLDADORES	EN PLACA CON RT O DOBLADOS	ASME	100 USD
		AWS	100 USD
	TUBO CON RT	ASME	120 USD
		AWS	120 USD
		API	120 USD
	TUBO CON DOBLADOS	API	160 USD
CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS	DEPENDIENDO DE LA NORMA	ASME AWS API	DE 400 A 600 USD

Fuente: Ing. Jairo Becaria; Inspector CWI

**Tabla 3.9: Precios de Cursos de soldadura y corte oxiacetilénico**

COSTO	SECAP	CIP	PROMEDIO
CURSOS DE SOLDADURA	116,00	150,00	133,00
CORTE OXIACETILÉNICO	86,00	xxx	86,00

Fuente: SECAP, Cámara de Industriales de Pichincha (CIP)



Al comparar los precios del Mercado con los precios que se propone en el Centro de Soldadura, se evidencia la ventaja que se consigue con respecto a la competencia, ya que se tiene precios más bajos y con un porcentaje de ganancia elevado.

Para poder captar un porcentaje del 40% de la demanda total de servicios de soldadura es necesario realizar un plan de marketing y ventas para asegurar los ingresos por estos servicios. Este será el punto de partida para los análisis posteriores.

Los ingresos fijados para el primer año de funcionamiento de acuerdo a lo mencionado (40% de captación del mercado) y a los precios establecidos en la tabla 3.6, se exponen en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10: Ingresos de Ventas Totales del Primer Año de Funcionamiento del Centro de Servicios en Soldadura**

SERVICIO	DEMANDA		PRECIO	
	ANUAL	CAPTACIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
C. SOLDADORES	145	58	167,04	9688,47
C. PROCEDIMIENTOS	96	38	676,77	25717,18
C. CONSUMIBLES	264	106	858,28	90977,50
CURSOS DE SOLDADURA	50	20	133,00	2660,00
CURSO CORTE OXI.	10	4	86,00	344,00
GAMMAGRAFÍA	347	139	20	2780,00
ULTRASONIDO	303	121	24	2904,00
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	87	35	16	560,00
<b>TOTAL SERVICIO CALIFICACIÓN</b>				<b>126383,15</b>
<b>TOTALCURSOS DE SOLDADURA</b>				<b>3004,00</b>
<b>TOTAL END</b>				<b>6244,00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>135631,15</b>

En este capítulo se establecen parámetros económicos que demuestran que los ingresos totales del primer año de funcionamiento del proyecto son elevados, con una ganancia sobre el costo entre el 90% y 175%, pudiendo competir fácilmente con los precios ofertados en el Mercado actual.



## CAPITULO 4: ESTUDIO TÉCNICO

### 4.1 CÓDIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES APLICABLES A LA SOLDADURA

#### 4.1.1 GENERALIDADES

En la industria, dentro de los campos del diseño, la construcción, montaje e inspección en general, existen establecidas reglas cuyo objetivo principal es proporcionar seguridad y confiabilidad para el ser humano y edificaciones, así como proveer un margen de deterioro en servicio de cualquier aplicación en particular.

Estas reglas son desarrolladas por las distintas entidades encargadas de la investigación de los innumerables procesos que existen dentro de la ingeniería. Dentro de las entidades más importantes tenemos a la ASME, AWS, API, ASTM entre otras.

Es necesario mencionar la importancia de la Inspección de Soldadura que es la que se encarga de controlar y asegurar la calidad de los trabajos de fabricación, construcción, montaje y reparación de equipos, estructuras e instalaciones en las que intervienen operaciones de soldadura. Es decir, el propósito fundamental de la Inspección de Soldadura es determinar si los elementos soldados satisfacen los requisitos de normatividad.

En el presente proyecto se estudiarán algunos de los códigos y sus normas que hacen referencia a la calificación e inspección de la soldadura.

#### 4.1.2 DEFINICIONES

**Código.-** Se trata de un extenso documento (generalmente separado por secciones) donde se abarca toda la información de los requerimientos que se deben cumplir para realizar alguna aplicación, de acuerdo a las investigaciones realizadas y que han sido adoptadas formalmente por una sociedad, institución o compañía.

*Ejemplo:* Código ASME para calderas y recipientes a presión, contiene 11 secciones.

**Norma.-** Son documentos que se elaboran para casos específicos de aplicación dentro de cada código.

*Ejemplo:* Norma para calificación de soldadores y procedimientos, ASME IX

**Especificación.-** Son los requisitos precisos que se debe seguir para satisfacer lo que demanda una aplicación y son escritas dentro de cada norma.

*Ejemplo:* Especificación de procedimiento de soldar. Especificación para realizar pruebas de impacto en una junta soldada.

Para los END y la Inspección de Soldadura, los conceptos capacitación, calificación y certificación tienen una definición particular y una actividad debe cumplir con varios requisitos para que pueda llamarse así y ser reconocida dentro del ámbito profesional.

A continuación se definen estos conceptos y se describe su repercusión en la actividad productiva.

### **¿Qué es la capacitación en END?**

La capacitación en END es un programa de actividades teórico – prácticas, diseñadas para transmitir los conocimientos y habilidades que un individuo requiere para realizar una técnica específica de END.

Un participante recibe un diploma de asistencia a un curso de END cuando cumple los siguientes requisitos:

- Tiempo mínimo de capacitación en el aula
- Correcta realización de las prácticas de entrenamiento de la técnica

Un participante recibe una constancia que acredita su capacitación en END cuando, además de los requisitos anteriores, aprueba los exámenes teórico y práctico de la técnica.

Es decir, la capacitación debe proporcionar al participante, además de los conocimientos que le permitan comprender los alcances y limitaciones de cada técnica, también la práctica para desarrollar las habilidades que le permitan la

selección y el uso de los equipos y accesorios para que pueda efectuar correctamente una inspección en su trabajo cotidiano.

Las constancias de capacitación que se expide deben estar avaladas por personal autorizado Nivel III en END, certificado por la ASNT

### **¿Qué es la calificación en END?**

La calificación en END es la demostración de las habilidades, conocimientos, entrenamiento y experiencia documentada que un individuo requiere para realizar una técnica de END en forma apropiada.

### **¿Qué es la certificación en END?**

Según la ISO 9712, la certificación es el procedimiento seguido por el cuerpo certificador para confirmar que los requisitos de calificación para un método, nivel y sector industrial han sido cumplidos antes de emitir un certificado.

Para ISO 9712, un certificado es el documento emitido por el cuerpo certificador, bajo las recomendaciones de esta norma, que indica que la persona ha demostrado la competencia definida en el certificado.

### **¿Por qué capacitar en END e Inspección de Soldadura al personal?**

Tanto en el caso de los END como en el de Inspección de Soldadura, la normatividad internacional, como las Prácticas Recomendadas AWS QC2-92 y ASNT-TC-1A, exigen que el personal que ejerce estas actividades debe estar capacitado, calificado y certificado.

Pero además:

- Para las empresas, la capacitación es una inversión que les permite mejorar y optimizar sus procesos de inspección.
- Para los individuos, la capacitación es tener una mejor y mayor competitividad en el ámbito laboral.

### **4.1.3 APLICACIONES**

Una de las principales aplicaciones de los códigos y normas se da en la industria que los emplea para obtener procedimientos eficientes, productos de calidad, disminución de costos y mayor competitividad dentro del mercado. Al aplicar códigos y normas en los procesos de producción, las empresas pueden acceder a certificaciones y/o acreditaciones que garantizan mucho más los productos y/o servicios que ofrecen. En el caso del Ecuador por ejemplo, se puede hablar de certificaciones a empresas e instituciones como la ISO 9000, el sello verde. Así también, estas acreditaciones sirven a dichas empresas para garantizar sus productos o servicios en el mercado.

Los códigos y normas específicas aplicables a la soldadura son diversos y numerosos al igual que sus aplicaciones, lo importante es conocer cuáles se pueden utilizar y cómo aplicarlas para así obtener sus beneficios.

## **4.2 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE LA PRODUCCIÓN EXISTENTES Y PROYECTADOS**

### **4.2.1 FACTORES DE LA PRODUCCIÓN (6M) EXISTENTES**

#### **Mano de obra:**

En cuanto a Personal, la ESPE actualmente cuenta con funcionarios de la FIME en el área de soldadura como a continuación se menciona:

- Ing. Carlos Naranjo – Jefe de Laboratorio, Ingeniero Mecánico – Diplomado en soldadura.
- Ing. José Guasumba – Ingeniero Mecánico – Diplomado en soldadura
- Tlgo. Roberty Velasco – Tecnólogo Electromecánico – Diplomado en soldadura
- Sr. Enrique Mullo – Ayudante de laboratorio, experiencia en soldadura y afines
- Sr. Nelson Cárdenas – Ayudante de laboratorio, encargado de la bodega

### Maquinaria:

El LMH cuenta con maquinaria equipos de seguridad industrial y demás herramientas útiles en la elaboración de las prácticas de soldadura, enlistadas en las tablas 4.1 y 4.2.

**Tabla 4.1: Equipos de soldadura del Laboratorio de Maquinas Herramienta.**

CANT	PROCESO DE SOLDADURA	PROCEDENCIA/MARCA	MODELO	ESTADO	OBSERV.
1	SMAW	INGLATERRA / BOC	TRANASARC AC 330	BUENO	MODELO ANTIGUO
1	GMAW, SMAW	USA / CYCLOMATIC	POWCON 550 SMP	BUENO	MULTIPRO AC/DC
1	GTAW, SMAW	USA / MILLER	SYNCROWAVE 250 – 60 HZ	BUENO	MULTIPRO AC/DC
1	GMAW	USA / MILLER	MILLERMATIC 300	BUENO	
1	SMAW	USA / HOBART BROTHERS	T – 225	REGULAR	MODELO ANTIGUO
1	SOLDADURA DE PUNTOS	ITALIA / CEBORA		BUENO	MODELO ANTIGUO
2	CORTE Y SUELDA OXIACETILÉNICA	INGLATERRA/ BOC		BUENO	
1	CORTE POR PLASMA	USA / HYPER THERM	POWERMAX1000	BUENO	

Fuente: LMH, Sr. Roberty Velasco

La información adicional de los equipos de soldadura con lo que respecta al mantenimiento, operación, instalaciones, tamaño, peso y otros se puede consultar a los manuales de cada máquina de soldadura que se encuentra a disposición del laboratorio de Maquinas Herramienta.

**Tabla 4.2: Equipo de seguridad y herramientas del área de soldadura del Laboratorio de Maquinas Herramienta.**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	ESTADO			OBSERVACIONES
		BUENO	REGULAR	MALO	
Guantes	15 pares		10	5	
Polainas	5	5			
Mangas	5 pares	5			
Delantales	5	5			
Cascos	22	12		10	Sombra del lente 10 y 12
Gafas (Autógena)	12	8		4	Sombra del lente 4
Gafas (Protección viruta)	8	8			
Piquetas	6	4		2	
Cepillos	10			10	
Limas bastardas	5			5	

Fuente: LMH, Nelson Cárdenas

### **Materia prima:**

Los proveedores de materia prima (materiales base, consumibles, herramientas y equipo de seguridad) no mantienen un convenio con la FIME, lo que dificulta el transporte, los costos, disponibilidad, entre otros factores. Dentro de los proveedores están AGA, Colimpo, Carher, Acero Comercial, Ferrotorre.

### **Métodos:**

La Metodología empleada para los trabajos que se han requerido se encuentra detallada en los códigos, normas y especificaciones con los que cuenta la FIME (Tabla 4.3). Cabe recalcar que algunos de los servicios que no se han podido realizar, no solamente se deben a falta de equipo certificado sino también a la ausencia de las Normas, como por ejemplo la AWS D1.3. La escasa capacidad de END también es un impedimento para la prestación de servicios.

Los END con el que se cuenta son: Inspección Visual, Tintas Penetrantes, Dureza, pero para emitir un criterio en base a END se requieren otros ensayos a más de los actuales, como Partículas Magnéticas, Radiografías, Ultrasonido, entre otros (Ver Código ASME, Sección V).

**Tabla 4.3: Códigos y normas con los que cuenta el LMH**

<b>CODIGO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
ASME	Completa
AWS	D1.1,D1.5
API	1104, 650
ASME B31-3	
ASME B31-1	

**Fuente:** LMH; Ing. Carlos Naranjo.

### **Medio Ambiente:**

En cuanto al aspecto medio ambiental, no existe un manejo adecuado de los gases y desechos producidos en los procesos de soldadura. Los extractores de gases no son utilizados frecuentemente, además cuando se encuentran muchas personas trabajando en el laboratorio los gases de soldadura se



concentran y pueden causar daños a la salud de las personas expuestas, este aspecto será analizado en el capítulo 7 del presente proyecto.

Para los trabajos de soldadura existen 4 mesas de trabajo, cada una con extractor de gases conectados a una tubería principal que envía al ambiente los gases dispersos luego de pasar por un filtro que se encuentra a la salida.

### **Medición:**

Para realizar Servicios en Soldadura no se requiere de mediciones de gran exactitud, debido a que la mayoría de técnicas o ensayos son del tipo macroscópico, sin embargo los instrumentos más utilizados son el pie de rey, catetómetro, flexómetro y otros, que se utilizan para realizar trabajos como: probetas para ensayos, prácticas, mediciones de los ensayos, etc.

## **4.2.2 FACTORES DE LA PRODUCCIÓN (6M) PROYECTADOS**

### **Mano de obra:**

El personal que será necesario para la operación del Centro de Servicios en Soldadura será el que se propone a continuación:

- Inspector Calificado en Soldadura; encargado de certificar todos los servicios que se realicen.
- Inspector de Ensayos no Destructivos.
- Profesionales; encargados de dictar los cursos de capacitación de los procesos de soldadura, de acuerdo a la cantidad de cursos a dictarse.
- Soldador calificado y certificado para colaborar con las prácticas, y realizar los trabajos de soldadura que necesiten calificación.
- Personal de bodega; encargado de proveer todos los instrumentos y equipo de seguridad necesario para las prácticas de soldadura.
- Ayudante para el área de END.
- Profesional técnico; encargado de vender los servicios en soldadura
- Estudiantes que serán capacitados por la persona encargada del Centro de Servicios, para ayudar con la prestación de servicios.
- Secretaria; desempeño en el área Técnico – Administrativa
- Personal de limpieza

**Maquinaria:**

El equipo necesario para la operación del Centro de Servicios en soldadura se menciona a continuación, según los requerimientos para cada proceso.

**Proceso GTAW**

- Máquina de soldar AC/DC; Capacidad de corriente de soldadura 225 A, Tensión de trabajo hasta 30 V, Ciclo de trabajo; 10 min. 60 % 180 A
- Cilindros de Argón
- Manoreductores
- Válvulas anti-retorno
- Mangueras
- Antorcha para proceso TIG

**Proceso SMAW**

- Máquina soldadora, se puede utilizar la misma máquina del proceso TIG, con su respectivo cable con porta-electrodo. En su defecto se podría adquirir una maquina convencional para este proceso con una capacidad de corriente de 250 A, ciclo de trabajo; 10 min 60% 200 A y tensión de trabajo de hasta 35 V.

**Proceso GMAW**

- Máquina soldadora; Capacidad de corriente de soldadura 400 A, Tensión de trabajo 30 V, Ciclo de trabajo; 10 min. 60 % 290 A
- Cilindros de gas Argón y CO<sub>2</sub> o mezclas
- Válvulas anti-retorno
- Mangueras
- Antorcha para proceso MIG

**Proceso FCAW**

- Máquina soldadora, se puede utilizar la misma máquina del proceso GMAW con su respectiva antorcha.

Las maquinas de soldadura deben ser elegidas de acuerdo a las características de trabajo que se recomienda, las cuales están basadas en las condiciones de trabajo de algunos WPS que podemos ver en la tabla 4.4

**Tabla 4.4: Parámetros de trabajo, recopilados de varias WPS**

PROCESO	TRABAJO		Metal base	Ø Elect (mm)	VELOCIDAD	
	CORRIENTE (A)	TENSIÓN (V)	Espesor / Diámetro (mm)		AVANCE (mm/min)	ALIMENT. (m/min)
GTAW	140 – 150	12 – 14	1.6 – 14.2 / 66.7 – 317	2,4	254 – 457	
	<b>140 – 150</b>	<b>12 – 14</b>	<b>1.6 – 14.2 / 25.4 – 66.7</b>	<b>2,4</b>	<b>254 – 457</b>	
	90 – 100	12	0.18 – 8	3,2	50.8 – 89	
SMAW	115 – 125	23 – 25	1.6 – 14.2 / 66.7 – 317	4.0	254 – 457	
	90 – 150	20 – 25	1.6 – 14.2 / 66.7 – 317	3,2	254 – 508	
	70 – 185	16 – 30	4.78 – 19.05 / 60.3 – 323.8	4.0	254 – 508	
	<b>90 – 185</b>	<b>16 – 30</b>	<b>4.78 – 19.05 / 60.3 – 323.8</b>	<b>4.0</b>	<b>152.4 – 508</b>	
	70 – 175	16 – 30	1.6 – 14.2	4.0	152.4 – 508	
	110 – 125	20 – 24	0.18 – 8	3,2	127 – 152.4	
	170		38.1	4.0	60 – 102	
	120 – 170	20 – 28	3.2 – 38	4.0	60 – 80	
	100 – 140	20 – 25	3.2 – 6.4	3,2	60 – 80	
FCAW	190 – 230	27 – 28	6.4 – 38	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7
	190 – 230	27 – 28	6.4 – 38	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7
	190 – 230	27 – 28	6.4 – 38	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7
	<b>220 – 275</b>	<b>26 – 30</b>	<b>6.4 – 38</b>	<b>1.2</b>	<b>188 – 300</b>	<b>8.6 – 12.7</b>
	190 – 230	27 – 28	3.2 – 10	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7
	190 – 230	27 – 28	6.4 – 38	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7
	190 – 230	27 – 28	6.4 – 38	1.2	160 – 200	7.6 – 8.7

Fuente: LMH, Ing. Carlos Naranjo; FMSB, Ing. Telmo Sánchez; The Welding Engineer`s

Se recomienda tener en el Centro de Soldadura como mínimo 5 equipos de soldadura con sus respectivos documentos de calibración y el Kit de válvulas y mangueras para oxicorte, en la tabla 3.10 podemos ver la cantidad de servicios que se va a calificar, en este caso 226 al año o 18 al mes, en el caso de que se

realice los 18 trabajos de calificación los equipos estarán ocupados para tres o cuatro trabajos cada uno, que es adaptable y manejable.

Dentro de los equipos de soldadura se puede nombrar a los siguientes:

- Dos para proceso TIG y con esto se puede tener proceso SMAW
- Dos para proceso MIG/MAG y se puede tener también proceso FCAW
- Un equipo de soldadura SMAW convencional.

En total se tendría a disponibilidad cinco máquinas para nueve procesos de soldadura como son: tres para proceso SMAW, dos para proceso TIG, dos para proceso MIG/MAG y dos para proceso FCAW, así mismo es importante adquirir maquinaria certificada para cubrir las exigencias de empresas vinculadas con trabajos de alto compromiso y obtener por parte del proveedor servicio post venta y una garantía adecuada de los equipos de soldadura.

La maquinaria recomendada está de acuerdo con los cuatro procesos de soldadura más utilizados que se determinó en el estudio de la demanda del presente proyecto. (Ver Figura 3.1)

También es necesario adquirir equipo de seguridad y herramientas para realizar los trabajos de soldadura como se menciona a continuación:

- Guantes, siete pares
- Polainas, siete pares
- Mangas, siete pares
- Delantales, siete unidades
- Cascos para protección de viruta, cuatro unidades
- Cascos protección del arco eléctrico, sombra del lente de 12 o 13; cantidad seis unidades
- Piquetas, siete unidades
- Martillos, dos unidades
- Cepillos metálicos, siete unidades
- Limas bastardas, siete unidades
- Arco de cierras para acero, siete unidades
- Flexómetros (5m) , siete unidades

- Escuadra 90°, cuatro unidades
- Calibrador: Pie de rey (pulgadas y milímetros), siete unidades
- Juego de galgas, uno
- Catetómetro, uno
- Multímetros, dos unidades
- Termocuplas, cuatro unidades
- Cronómetros, dos unidades
- Juego de brocas, puntas y cierras, uno
- Juego de alicates, dos
- Juego de desarmadores, uno

Para poder adquirir las máquinas de soldar se puede tomar en cuenta a proveedores nacionales como: AGA, Fronius, Colimpo, entre otros. Mientras que para equipo de seguridad y herramientas se puede tomar en cuenta a: AGA, Colimpo, Indura, Kywi entre otros.

**Materia prima:**

La materia prima necesaria para realizar los trabajos en soldadura es la que se menciona a continuación:

- Material base, dependiendo de la aplicación (tubería o placas de acero u otro material soldable)
- Consumibles de soldadura (Electrodos, Gases)

El material base y consumibles de soldadura, se puede conseguir de los proveedores actuales con los cuales se pueden hacer convenios para mejorar los costos de estos rubros, entre estos tenemos: Acero Comercial, Gamacero, Ferrotorre para material base y AGA, Colimpo, Indura, Carher, entre otros, para consumibles.

**Métodos:**

Los métodos con los que se va a trabajar son los descritos por las normas y códigos necesarios para proporcionar los servicios, basados con los que dispone el LMH y otros que de acuerdo a la demanda se pueda adquirir.

Una descripción general del contenido de los códigos y normas aplicables a la soldadura se puede ver en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5: Códigos y normas aplicables a la soldadura**

<b>NORMA</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
ASTM	Materiales para la construcción de dispositivos utilizados en ingeniería	Sección 3, especificaciones de propiedades mecánicas de los materiales y sus pruebas.
AWS	Consumibles de Soldadura AWS A5.1 – AWS A5.31	El código ASME sección 2, parte C está basado en las especificaciones de la AWS
AWS	Estructuras Metálicas	D1.1: Laminado en caliente L > 4mm D1.3: Lamina delgada L < 4mm D1.5: Puentes
NEMA	Equipos de soldadura	La norma WE 1, regula diseño, eficiencia y construcción de los equipos de suelda.
API	Tubería de petróleo; requerimientos de fabricación, soldadura e inspección	API 5L: Tubería de línea API 5LS: Tubería soldada en espiral para línea API 5LX: Tubería de alta presión API 5LU: Tubería de ultra alta presión API 1104: Soldadura de tuberías para petróleo
API	Tanques de almacenamiento, referidas al código ASME IX para calificación de procedimientos y soldadores	API 650: Tanques de acero soldados para almacenamiento de petróleo API 620: Diseño y construcción de tanques grades de almacenamiento para baja presión API 12D: Tanques soldados en campo para almacenamiento de producción de líquidos API 12F: Tanques soldados en taller para almacenamiento de producción de líquidos
ASME	Calderas y Recipientes a presión	Sección 5: END, Sección 9: Calificación de procedimientos de soldar y soldadores B31.3: Tubería de procesos B31.1: Tubería de potencia
AWWA	Fabricación y soldadura de tubería para agua.	En general son requerimientos similares al código API, con características diferentes de fluido. AWWA D – 100: Tanques de acero soldados y elevados, tuberías y reservorios

### **Medio Ambiente:**

El aspecto medio ambiental que proponemos se estudiará en el capítulo 7 del proyecto en curso.

### **Medición:**

En lo que se refiere a la forma de medir el proceso productivo, como mencionamos anteriormente para la medición física de los parámetros son

necesarios instrumentos de medida de uso general. Además es necesario llevar los registros de los servicios que se vayan realizando, entre estos tenemos:

- Calificación de procedimientos
- Calificación de consumibles
- Calificación de soldadores
- Cursos de capacitación para los diferentes procesos
- Ensayos No Destructivos, los que se disponen y los que se contratan
- Ensayos Destructivos

Y con esto tener un control estadístico de cuanto y como se esta trabajando, herramienta que nos ayudará a proveer información necesaria para proyectar a futuro la implantación y justificación de nuevos servicios.

## **4.3 DESARROLLO DE PLANES CURRICULARES Y DESCRIPCIÓN DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA**

### **4.3.1 PLANES CURRICULARES Y METODOS DE CAPACITACIÓN**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Capítulo III, los procesos de soldadura de producción para los cuales se desarrollarán cursos de capacitación son: SMAW, GMAW, GTAW y FCAW; en cuanto a procesos de corte el curso de capacitación será para el proceso de corte oxiacetilénico.

Los métodos empleados para la capacitación de los cursos de soldadura de producción son dos. El primero es el método teórico, donde el estudiante adquirirá las bases teóricas de cada uno de los procesos. El segundo método es el práctico donde el estudiante adquirirá el entrenamiento necesario que desarrollará sus habilidades en cada uno de los procesos mencionados. La sección teórica cubre el 30% del de cada curso y la sección práctica el 70%; a excepción del curso de corte oxiacetilénico, donde el 40% corresponde al entrenamiento teórico y 60% al entrenamiento práctico.

Para cada uno de los cursos se detallará a continuación los planes curriculares, los mismos que están orientados hacia soldadores experimentados. En el caso

de que el estudiante no tenga ningún tipo de adiestramiento, en el ANEXO V se adjunta el listado de prácticas de soldadura que complementan su formación. Las prácticas de soldadura recomendadas para el proceso SMAW y GMAW están basadas en los ejercicios propuestos por el Manual de Soldadura de Massimo Piredda Vladimiro, y están redactadas en el ANEXO VI

**Tabla 4.6: Plan Curricular para proceso SMAW**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN SMAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo I: Generalidades</i>		3
1,1	Conceptos básicos	
1,2	Principio de funcionamiento	
1,3	El arco eléctrico	
1,4	Expresiones comunes	
1,5	Equipos para soldar en proceso SMAW	
1,6	Polaridades	
1,7	Simbología	
1,8	Defectos	
1,9	Aplicaciones	
<i>Capítulo II: Medidas de Seguridad</i>		2
2,1	Para equipos de soldar	
2,2	Para emisiones luminosas	
2,3	Para campos eléctricos y magnéticos	
2,4	Para chispas de la soldadura	
2,5	Para prevenir electrochoque	
2,6	Para humos y gases	
2,7	Equipo para protección personal proceso SMAW	
<i>Capítulo III: Tipos de Juntas en soldadura</i>		2
3,1	Tipos de juntas en placas	
3,2	Tipos de juntas en tuberías	
3,3	Tipos de juntas en ángulo	
3,4	Representación simbólica	
3,5	Volumen teórico de juntas	
<i>Capítulo IV: Material de Aporte</i>		2
4,1	Electrodos de clasificación AWS	
4,2	Nomenclatura	
4,3	Código de colores NEMA	
4,4	Clasificación	
4,5	Electrodo celulósico Especial E 6010	
4,6	Electrodo especial E6011	
4,7	Electrodo rutilico E6013	
4,8	Electrodo básico baja aleación E7018	
4,9	Almacenaje y cuidado de los electrodos	
4,10	Selección de electrodos	



**Tabla 4.6: Plan Curricular para proceso SMAW (Continuación)**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN SMAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo V: Condiciones esenciales para soldar</i>		<b>3</b>
<b>5,1</b>	Consejos importantes	
<b>5,2</b>	Cables de soldadura	
<b>5,3</b>	Condiciones esenciales para soldar correctamente	
<b>5,4</b>	Posición correcta para soldar	
<b>5,5</b>	Corriente apropiada	
<b>5,6</b>	Velocidad de avance correcta	
<b>5,7</b>	Estabilización del arco eléctrico	
<i>Capítulo VI: Prácticas de soldadura para proceso SMAW en placas</i>		<b>22</b>
<b>6,1</b>	Práctica 1: Soldadura de juntas a tope con bisel "V" posición plana	
<b>6,2</b>	Práctica 2: Soldadura en ángulo vertical	
<b>6,3</b>	Práctica 3: Soldadura en ángulo vertical exterior	
<b>6,4</b>	Práctica 4: Soldadura juntas con bisel en "V" vertical	
<b>6,5</b>	Práctica 5: Soldadura en ángulo interior sobre cabeza	
<b>6,6</b>	Práctica 6: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición sobre cabeza	
<b>6,7</b>	Práctica 7: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición horizontal	
<i>Capítulo VII: Prácticas de soldadura para proceso SMAW en tuberías</i>		<b>6</b>
<b>7,1</b>	Práctica 1: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 2G)	
<b>7,2</b>	Práctica 2: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 5G) I	
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>40</b>

**Tabla 4.7: Plan Curricular para proceso GMAW**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GMAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo I: Generalidades</i>		<b>3</b>
<b>1,1</b>	Conceptos básicos	
<b>1,2</b>	Principio de funcionamiento	
<b>1,3</b>	Clasificación proceso GMAW	
<b>1,4</b>	Tipos de corriente	
<b>1,5</b>	Polaridades	
<b>1,6</b>	Equipos para soldar en proceso GMAW	
<b>1,7</b>	Equipo semiautomático	
<b>1,8</b>	Equipo automático	
<b>1,9</b>	Soldadura GMAW por medio de robot	
<b>1,10</b>	Defectos	
<b>1,11</b>	Aplicaciones	
<i>Capítulo II: Medidas de Seguridad</i>		<b>2</b>
<b>2,1</b>	Precauciones eléctricas	
<b>2,2</b>	Precaución con gases comprimidos	
<b>2,3</b>	Precauciones con químicos de limpieza	
<b>2,4</b>	Precaución contra incendio y explosión	
<b>2,5</b>	Ventilación	
<b>2,6</b>	Equipo de protección en soldadura GMAW	

**Tabla 4.7: Plan Curricular para proceso GMAW (Continuación)**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GMAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo III: Tipos de Juntas en soldadura</i>		2
3,1	Tipos de juntas en placas	
3,2	Tipos de juntas en tuberías	
3,3	Tipos de juntas en ángulo	
3,4	Representación simbólica	
<i>Capítulo IV: Tipos de transferencias de metal en el proceso GMAW</i>		2
4,1	Transferencia por cortocircuito	
4,2	Transferencia globular	
4,3	Traspaso globular dirigido	
4,4	Transferencia pulverizada	
4,5	Soldadura de arco pulverizado pulsado	
<i>Capítulo V: Material de Aporte</i>		2
5,1	Alambre electrodo de clasificación AWS	
5,2	Nomenclatura	
5,3	Clasificación del alambre electrodo	
5,4	Alambre MIG para acero de bajo carbono ER 70 S - 3	
5,5	Alambre MIG para acero de bajo carbono ER 70 S - 6	
5,6	Alambre de acero inoxidable para proceso MIG ER 308 L	
5,7	Alambre de acero inoxidable para proceso MIG ER 312	
5,8	Alambre de aluminio para proceso MIG ER 4043	
5,9	Alambre de aluminio para proceso MIG ER 5356	
<i>Capítulo VI: Gases de protección</i>		2
6,1	Clasificación de gases de protección	
6,2	Gases activos	
6,3	Gases inertes	
6,4	Gases mixtos	
6,5	Descripción: argón, helio, dióxido de carbono y mezclas	
<i>Capítulo VII: Condiciones esenciales para soldar</i>		2
7,1	Selección del gas de protección adecuado	
7,2	Corriente apropiada	
7,3	Selección correcta del alambre electrodo	
7,4	Extensión del alambre	
7,5	Voltaje al arco eléctrico	
7,6	Angulo correcto de la boquilla durante la soldadura	
7,7	Velocidad de avance correcta	
7,8	Tipo de unión y posición de soldadura	
<i>Capítulo VIII: Prácticas de soldadura para proceso GMAW en placas</i>		29
8,1	Práctica 1: Soldadura en ángulo - unión en "T" (posición plana horizontal)	
8,2	Práctica 2: Soldadura de uniones a tope con bisel en "V" (posición plana)	
8,3	Práctica 3: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical ascendente)	
8,4	Práctica 4: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical descendente)	
8,5	Práctica 5: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical ascendente)	
8,6	Práctica 6: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical descendente)	
8,7	Práctica 7: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza)	

**Tabla 4.7: Plan Curricular para proceso GMAW (Continuación)**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GMAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>8,8</b>	Práctica 8: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza)	
<b>8,9</b>	Práctica 9: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal)	
<i>Capítulo IX: Prácticas de soldadura para proceso GMAW en tuberías</i>		<b>6</b>
<b>9,1</b>	Práctica 1: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 2G)	
<b>9,2</b>	Práctica 2: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5G) I	
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>50</b>

**Tabla 4.8: Plan Curricular para proceso GTAW**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GTAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo I: Generalidades</i>		<b>3</b>
<b>1,1</b>	Conceptos básicos	
<b>1,2</b>	Principio de funcionamiento	
<b>1,3</b>	Tipos de corriente	
<b>1,4</b>	Polaridades	
<b>1,5</b>	Equipos para soldar en proceso GTAW	
<b>1,6</b>	Ventajas y limitaciones del proceso GTAW	
<b>1,7</b>	Acero inoxidable y el proceso GTAW	
<b>1,8</b>	Aluminio y el proceso GTAW	
<b>1,9</b>	Defectos y correcciones en la soldadura con electrodo de tungsteno	
<b>1,10</b>	Aplicaciones	
<i>Capítulo II: Medidas de Seguridad</i>		<b>2</b>
<b>2,1</b>	Precauciones eléctricas	
<b>2,2</b>	Precaución con gases comprimidos	
<b>2,3</b>	Precaución contra incendio y explosión	
<b>2,4</b>	Precauciones con el soplete	
<b>2,5</b>	Ventilación	
<b>2,6</b>	Equipo de protección en soldadura GTAW	
<i>Capítulo III: Tipos de Juntas en soldadura</i>		<b>2</b>
<b>3,1</b>	Tipos de juntas en placas	
<b>3,2</b>	Tipos de juntas en tuberías	
<b>3,3</b>	Tipos de juntas en ángulo	
<b>3,4</b>	Representación simbólica	
<i>Capítulo IV: Material de Aporte</i>		<b>1.5</b>
<b>4,1</b>	Varilla de clasificación AWS (consumible y de tungsteno)	
<b>4,2</b>	Nomenclatura	
<b>4,3</b>	Clasificación de las varillas	
<b>4,4</b>	Varilla de acero inoxidable para proceso TIG ER 308 L	
<b>4,5</b>	Varilla de acero inoxidable para proceso TIG ER 312	
<b>4,6</b>	Varilla de aluminio para proceso TIG ER 4043	
<b>4,7</b>	Varilla de aluminio para proceso TIG ER 5356	

**Tabla 4.8: Plan Curricular para proceso GTAW (Continuación)**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GTAW		
ORD	CONTENIDO	DURACIÓN
<i>Capítulo V: Gases de protección</i>		1.5
5,1	Gases inertes	
5,2	Helio	
5,3	Argón	
5,4	Otros gases	
<i>Capítulo VI: Condiciones esenciales para soldar</i>		2
6,1	Selección del gas de protección adecuado	
6,2	Polaridad adecuada según el material base	
6,3	Selección correcta de la varilla	
6,4	Sistema de refrigeración del soplete	
6,5	Voltaje al arco eléctrico	
6,6	Velocidad de avance correcta	
6,7	Tipo de unión y posición de soldadura	
<i>Capítulo VII: Prácticas de soldadura para proceso GTAW en placas</i>		22
7,1	Práctica 1: Soldadura de costuras de filete en posición vertical de juntas en esquina sobre placas	
7,2	Práctica 2: Soldadura de costuras de filete en posición horizontal de juntas en T, sobre placas	
7,3	Práctica 3: Soldadura de costuras de filete en posición vertical de juntas en T sobre placas	
7,4	Práctica 4: Soldadura de filete de placas, en posición sobre cabeza	
7,5	Práctica 5: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición horizontal	
7,6	Práctica 6: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición vertical	
7,7	Práctica 7: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición sobre cabeza	
<i>Capítulo VIII: Prácticas de soldadura para proceso GTAW en tuberías</i>		6
8,1	Práctica 1: Soldadura de filete de tubo sobre placa, en posición horizontal	
8,2	Práctica 2: Soldadura de filete de tubo sobre placa, en posición sobre cabeza	
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>40</b>

**Tabla 4.9: Plan Curricular para proceso FCAW**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN FCAW		
ORD	CONTENIDO	DURACIÓN
<i>Capítulo I: Generalidades</i>		2.5
1,1	Conceptos básicos	
1,2	Principio de funcionamiento	
1,3	Polaridades	
1,4	Equipos para soldar en proceso FCAW (semiautomático y automático)	
1,5	Suministro de gas	
1,6	Sistema de alimentación del hilo	
1,7	Ventajas y limitaciones del proceso de soldadura con núcleo de fundente	
1,8	Defectos y correcciones en la soldadura con núcleo de fundente	
1,9	Aplicaciones	

**Tabla 4.9: Plan Curricular para proceso FCAW (Continuación)**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN FCAW</b>		
<b>ORD</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>DURACIÓN</b>
<i>Capítulo II: Medidas de Seguridad</i>		2
2,1	Precauciones eléctricas	
2,2	Ventilación	
2,3	Mantenimiento en Equipos FCAW	
2,4	Equipo de protección en soldadura FCAW	
<i>Capítulo III: Tipos de Juntas en soldadura</i>		2
3,1	Tipos de juntas en placas	
3,2	Tipos de juntas en tuberías	
3,3	Tipos de juntas en ángulo	
3,4	Representación simbólica	
<i>Capítulo IV: Tipos de transferencias de metal en el proceso FCAW</i>		2
4,1	Transferencia por cortocircuito	
4,2	Transferencia globular	
4,3	Traspaso globular dirigido	
4,4	Transferencia pulverizada	
4,5	Soldadura de arco pulverizado pulsado	
<i>Capítulo V: Material de Aporte</i>		2
5,1	Alambre tubular con fundente según clasificación AWS	
5,2	Nomenclatura	
5,3	Clasificación de alambres tubulares	
<i>Capítulo VI: Gases de protección</i>		2
6,1	Clasificación de gases de protección	
6,2	Gases activos	
6,3	Gases inertes	
6,4	Gases mixtos	
6,5	Descripción de algunos gases de protección	
<i>Capítulo VII: Condiciones esenciales para soldar</i>		2.5
7,1	Selección del gas de protección adecuado	
7,2	Caudal y consumo de gas de protección	
7,3	Intensidad de corriente	
7,4	Selección correcta del alambre electrodo	
7,5	Extensión del alambre	
7,6	Voltaje al arco eléctrico	
7,7	Angulo correcto de la antorcha durante la soldadura	
7,8	Velocidad de avance correcta	
7,9	Tipo de unión y posición de soldadura	
<i>Capítulo VIII: Prácticas de soldadura para proceso FCAW en placas</i>		29
8,1	Práctica 1: Soldadura en ángulo - unión en "T" (posición plana horizontal)	
8,2	Práctica 2: Soldadura de uniones a tope con bisel en "V" (posición plana)	
8,3	Práctica 3: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical ascendente)	
8,4	Práctica 4: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical descendente)	
8,5	Práctica 5: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical ascendente)	
8,6	Práctica 6: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical descendente)	
8,7	Práctica 7: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza)	

**Tabla 4.9: Plan Curricular para proceso FCAW (Continuación)**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN FCAW		
ORD	CONTENIDO	DURACIÓN
8,8	Práctica 8: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza)	
8,9	Práctica 9: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal)	
<i>Capítulo IX: Prácticas de soldadura para proceso FCAW en tuberías</i>		6
9,1	Práctica 1: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 2G)	
9,2	Práctica 2: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 5G) I	
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>50</b>

**Tabla 4.10: Plan Curricular para proceso de corte OXIACETILENICO**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO DE CORTE OXIACETILÉNICO		
ORD	CONTENIDO	DURACIÓN
<i>Capítulo I: Generalidades</i>		2.5
1,1	Conceptos básicos	
1,2	Soldadura oxiacetilénica	
1,3	Variables que influyen en el proceso de oxicorte	
1,4	Oxicorte manual	
1,5	Oxicorte a máquina	
1,6	Equipo para el proceso de oxicorte	
1,7	Cilindros de gas a presión	
1,8	Manoreductores, sopletes, válvulas anti-retorno, mangueras	
1,9	Almacenamiento y la manipulación de cilindros	
<i>Capítulo II: Medidas de Seguridad</i>		1.5
2,1	Prevención contra incendios y explosiones	
2,2	Protección contra el calor y los riesgos de quemaduras	
2,3	Seguridad eléctrica	
2,4	Radiación ultravioleta	
2,5	Riesgos químicos	
2,6	Protección para humos y gases	
2,7	Medidas de seguridad para espacios confinados	
2,8	Equipos de protección individual	
<i>Capítulo III: Tipos de flamas</i>		1
3,1	Flama neutra	
3,2	Flama carburizante	
3,3	Flama oxidante	
3,4	Usos especiales de las flamas	
<i>Capítulo IV: Gases combustibles y comburentes</i>		1
4,1	Clasificación de gases	
4,2	Características generales	
4,3	Aplicaciones	
4,4	El oxígeno y sus propiedades	
4,5	El acetileno y sus propiedades	

**Tabla 4.10: Plan Curricular para proceso de corte OXIACETILENICO (Continuación)**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO DE CORTE OXIACETILÉNICO		
ORD	CONTENIDO	DURACIÓN
<i>Capítulo V: Condiciones esenciales para el proceso de oxicorte</i>		2
5,1	Puesta a punto del equipo	
5,2	Parámetros de ajuste para la boquilla	
5,3	Ajuste de las presiones de los gases con las válvulas abiertas	
5,4	Uso de manómetro de comprobación	
5,5	Ajuste de flama	
5,6	Velocidad de corte recomendada	
5,7	Velocidad de avance correcta	
<i>Capítulo VI: Prácticas para el proceso de oxicorte</i>		12
6,1	Práctica 1: Reglaje de la llama oxiacetilénica	
6,2	Práctica 2: Regulación correcta de presiones para corte	
6,3	Práctica 3: Factores decisivos para un trabajo de corte	
6,4	Práctica 4: Usos de distintos tipos de flamas	
6,5	Práctica 5: Corte en diversas posiciones	
6,6	Práctica 6: Corte en diversos espesores de placa	
<b>TOTAL HORAS</b>		<b>20</b>

#### 4.3.2 LOS SERVICIOS DE CALIFICACIÓN DEL CENTRO DE SOLDADURA

Los Servicios de Soldadura que realizará el centro son:

- Calificación y certificación de procedimientos, bajo los códigos:
  - o ASME IX para placa y tubo
  - o API 1104 para tubo
  - o AWS D1.1 para placa y tubo
  
- Calificación y certificación de soldadores, bajo los códigos
  - o ASME IX para placa y tubo
  - o API 1104 para tubo
  - o AWS D1.1 para placa y tubo
  
- Calificación y certificación de consumibles de acuerdo al código AWS
  - o AWS A5.01, AWS A5.1 – AWS A5. 31 según sea el consumible a calificar

Existen limitantes para la realización de los ensayos destructivos en las probetas como son:

- Espesor máximo de probetas para tracción 5/8 pulg (15.9 mm)
- Longitud máxima para probetas de doblado 7 pulg (178 mm)

Estas limitaciones están dadas porque el laboratorio de apoyo (Mecánica de Materiales) tiene en su equipo las limitaciones mencionadas anteriormente, no por capacidad de carga sino por no existir en sus mordazas el suficiente agarre para espesores mayores al mencionado, en el caso de probetas para tracción.

Puede aplicarse para procesos de soldadura SMAW, GMAW, GTAW y FCAW en cualquier posición de soldadura. La capacidad de corriente esta limitada por la máquina soldadora que se describe en la sección de Maquinaria para el Centro de Soldadura, según sea el proceso a utilizar.

## **TRABAJOS NECESARIOS SEGÚN REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS**

### **Calificación de Procedimiento (WPS)**

#### **Aplicación 1:**

##### ***Parámetros:***

API 1104

Tubo:  $4.5 < \varnothing < 12.75$  pulg

Espesor de pared: menor a 0.5 pulg

##### ***Trabajos requeridos:***

- Elaboración del cupón de soldadura
- Preparación de probetas e identificación de las mismas
  - o Dos para tracción
  - o Dos para doblado de cara
  - o Dos para doblado de raíz
  - o Dos para Nick – Break (Estructura de grano)
- Radiografía
- Ensayos destructivos en las probetas



- Informe de ensayos
- Informe general para calificación del procedimiento (certificación de material base y consumibles, documentos de respaldo, entre otros)

**Nota:** las probetas se pueden maquinar o realizar con oxicorte, longitud 9 pulg, ancho 1 pulg.

**Aplicación 2:**

**Parámetros:**

ASME IX

Placa: e = ½ pulg

**Trabajos requeridos:**

- Elaboración del cupón de soldadura
- Preparación de probetas e identificación de las mismas
  - o Dos para tracción
  - o Dos para doblado de cara
  - o Dos para doblado de raíz
  - o Cuatro probetas de doblado lateral en reemplazo de las probetas para doblados de cara y raíz
- Radiografía
- Ensayos destructivos en las probetas
- Informe de ensayos
- Informe general para calificación del procedimiento (certificación de material base y consumibles, documentos de respaldo, entre otros)

**Nota:** las probetas se pueden maquinar, longitud 10 pulg, ancho 1 pulg para tracción y ¾ pulg para doblado de cara y raíz.

En el diagrama de proceso de la tabla 4.11 se puede ver el procedimiento utilizado para calificar una WPS y el resumen de operaciones necesarias en la tabla 4.12.

**Tabla 4.11: Diagrama del proceso de calificación de procedimientos**

Ord.	Descripción de la actividad	Operación	Transporte	Retraso	Inspección	Almacén	Responsable
<b>1</b>	<b>Preparación y soldadura del cupón de prueba</b>						
1.1	Llevar material base y de aporte al lugar de trabajo						Ayudante
1.2	Preparar material base, según dimensiones						Ayudante
1.3	Poner a punto máquina de soldar						Soldador
1.4	Preparar la junta de acuerdo al procedimiento						Soldador
1.5	Inspección de la junta						Inspector
1.6	Proceso de suelda (soldador calificado)						Soldador
1.7	Registro de los datos de soldadura utilizados						Inspector
<b>2</b>	<b>Extracción de probetas de prueba necesarias para la calificación</b>						
2.1	Llevar cupón al lugar de trabajo						Ayudante
2.2	Trazado de probetas en el cupón con dimensiones requeridas						Inspector
2.3	Corte y preparación de las probetas						Soldador
2.4	Inspección e identificación de las probetas						Inspector
2.5	Identificación de las probetas que se van a utilizar, según ensayos						Inspector
<b>3</b>	<b>Pruebas destructivas y no destructivas a las probetas</b>						
3.1	Llevar probetas al lugar de trabajo						Ayudante
3.2	Preparar maquinaria según las necesidades						Lab.
3.3	Realizar ensayos en las probetas						Lab.
3.4	Registro de los ensayos realizados						Lab.
3.5	Inspección de las probetas ensayadas						Lab.
3.6	Espera de resultados de ensayos						Lab.
<b>4</b>	<b>Evaluación de resultados y aprobación de WPS.</b>						
4.1	Recepción de resultados de ensayos						Ayudante
4.2	Comparar resultados con criterios de aceptación del código de soldadura						Inspector
4.3	Aceptación o rechazo del WPS						Inspector
4.4	Autenticación y certificación del trabajo realizado.						Inspector
4.5	Almacenamiento de los registros de todo el proceso						Secretaria

**Tabla 4.12: Resumen de diagrama de proceso para calificación de una WPS y tiempos aproximados para la calificación.**

<i>Elemento</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Tiempo aproximado (h)</i>		<i>Símbolo</i>
		<i>RX</i>	<i>Ensayos Destructivos</i>	
Operación	10	4	4	●
Transporte	4	1,5	0,5	➔
Retraso	1	24	1.5	⏸
Inspección	7	1	1	■
Almacén	1	0,1	0,1	▼
<b>TOTAL</b>		<b>30,6</b>	<b>7.1</b>	

### Calificación de habilidades de soldar (WPQ)

#### Aplicación 1:

##### **Parámetros:**

API 1104

Tubo:  $4.5 < \varnothing < 12.75$  pulg

Espesor de pared: menor a 0.5 pulg

##### **Trabajos requeridos:**

- Elaboración del cupón de soldadura
- Preparación de probetas e identificación de las mismas
  - Dos para tracción
  - Dos para doblado de raíz
  - Dos para Nick – Break (Estructura de grano)
- Ensayos destructivos en las probetas
- Informe de ensayos
- Informe general para calificación del soldador

**Nota:** las probetas se pueden maquinar o realizar con oxicorte, longitud 9 pulg, ancho 1 pulg.

## **Aplicación 2:**

### **Parámetros:**

ASME IX

Placa: e = ½ pulg

### **Trabajos requeridos:**

- Elaboración del cupón de soldadura
- Preparación de probetas e identificación de las mismas
  - o Una para doblado de cara
  - o Una para doblado de raíz
  - o Dos probetas de doblado lateral en reemplazo de las probetas para doblados de cara y raíz
- Ensayos destructivos en las probetas
- Informe de ensayos
- Informe general para calificación del procedimiento (certificación de tubo y consumibles, documentos de respaldo, entre otros)






**Nota:** las probetas se pueden maquinar, longitud 10 pulg, ancho ¾ pulg para doblado de cara y raíz.

En el diagrama de proceso de la tabla 4.13 se puede ver el procedimiento utilizado para calificar un soldador y el resumen de operaciones necesarias en la tabla 4.14.

**Tabla 4.13: Diagrama del proceso de calificación de soldadores**

Ord.	Descripción de la actividad	Operación	Transporte	Retraso	Inspección	Almacén	Responsable
<b>1</b>	<b>Preparación y soldadura del cupón o espécimen de prueba</b>						
1.1	Llevar material base y de aporte al lugar de trabajo						Ayudante
1.2	Preparar material base, según dimensiones						Ayudante
1.3	Poner a punto máquina de soldar						Soldador
1.4	Preparar la junta de acuerdo al procedimiento (WPS calificado)						Soldador
1.5	Inspección de la junta						Inspector
1.6	Proceso de suelda						Soldador
1.7	Registro de los datos de soldadura utilizados						Inspector
<b>2</b>	<b>Extracción de probetas de prueba necesarias para la calificación</b>						
2.1	Llevar cupón al lugar de trabajo						Ayudante
2.2	Trazado de probetas en el cupón con dimensiones requeridas						Inspector
2.3	Corte y preparación de las probetas						Soldador
2.4	Inspección e identificación de las probetas						Inspector
2.5	Identificación de las probetas que se van a utilizar, según ensayos						Inspector
<b>3</b>	<b>Pruebas destructivas y no destructivas a las probetas</b>						
3.1	Llevar probetas al lugar de trabajo						Ayudante
3.2	Preparar maquinaria según las necesidades						Lab.
3.3	Realizar ensayos en las probetas						Lab.
3.4	Registro de los ensayos realizados						Lab.
3.5	Inspección de las probetas ensayadas						Lab.
3.6	Espera de resultados de ensayos						Lab.
<b>4</b>	<b>Evaluación de resultados y calificación de habilidad</b>						
4.1	Recepción de resultados de ensayos						Ayudante
4.2	Comparar resultados con criterios de aceptación del código de soldadura						Inspector
4.3	Aceptación o rechazo del soldador						Inspector
4.4	Autenticación y certificación del trabajo realizado.						Inspector
4.5	Almacenamiento de los registros de todo el proceso (WPQR)						Secretaria

**Tabla 4.14: Resumen del diagrama de proceso para calificación de soldadores y tiempos aproximados de calificación.**

Elemento	Cantidad	Tiempo aproximado (horas)						Símbolo
		Tubo				Placa		
		Menor a 6"		Menor a 18"		RX	D	
		RX	D	RX	D			
Operación	10	3	3	6	6	3	3	
Transporte	4	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	
Retraso	1	24	1,5	24	1,5	24	1,5	
Inspección	7	1	1	1	1	1	1	
Almacén	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
<b>TOTAL</b>		<b>29,6</b>	<b>6,1</b>	<b>32,6</b>	<b>9,1</b>	<b>29,6</b>	<b>6,1</b>	

D: Doblados, de cara de raíz y laterales

### Calificación de consumibles

#### Aplicación 1:

#### **Parámetros:**

AWS A5.29

Placa: e = ½ pulg y e = ¾ pulg

#### **Trabajos requeridos:**

- Elaboración del cupón de soldadura
  - o Filete (L = 12 pulg, un solo lado)
  - o Ranura (L = 12 pulg)
- Preparación de probetas del material de aporte e identificación de las mismas
  - o Una para tracción
  - o Cinco para impacto (muesca en V de 2 mm a la mitad de la probeta)
  - o Una para doblado lateral en filete
- Radiografía
- Análisis químico del metal de aporte
- Ensayos destructivos en las probetas
- Informe de ensayos destructivos y no destructivos
- Informe general para calificación del soldador

**Tabla 4.15: Diagrama del proceso de calificación de consumibles**

Ord.	Descripción de la actividad	Operación	Transporte	Retraso	Inspección	Almacén	Responsable
<b>1</b>	<b>Preparación y soldadura del cupón de prueba</b>						
1.1	Llevar metal de aporte que se va a calificar al lugar de trabajo						Ayudante
1.2	Preparar material base, según dimensiones						Ayudante
1.3	Poner a punto máquina de soldar						Soldador
1.4	Inspección de los parámetros						Inspector
1.5	Proceso de depósito de metal (soldador calificado)						Soldador
1.6	Registro de los datos de soldadura utilizados						Inspector
<b>2</b>	<b>Extracción de probetas de prueba necesarias para la calificación</b>						
2.1	Llevar cupón al lugar de trabajo						Ayudante
2.2	Trazado de probetas en el cupón con dimensiones requeridas						Inspector
2.3	Identificación de las probetas que se van a utilizar, según ensayos						Inspector
2.4	Corte y preparación de las probetas						Lab.
2.5	Inspección de las probetas						Inspector
<b>3</b>	<b>Pruebas destructivas y no destructivas a las probetas</b>						
3.1	Llevar probetas al lugar de trabajo						Ayudante
3.2	Preparar maquinaria según las necesidades						Lab.
3.3	Realizar ensayos en las probetas						Lab.
3.4	Registro de los ensayos realizados						Lab.
3.5	Inspección de las probetas ensayadas						Lab.
3.6	Espera de resultados de ensayos						Lab.
<b>4</b>	<b>Evaluación de resultados y aprobación de WPS.</b>						
4.1	Recepción de resultados de ensayos						Ayudante
4.2	Comparar resultados con criterios de aceptación del código de soldadura						Inspector
4.3	Aceptación o rechazo del soldador						Inspector
4.4	Autenticación y certificación del trabajo realizado.						Inspector
4.5	Almacenamiento de los registros de todo el proceso						Secretaria

**Tabla 4.16: Resumen de diagrama de proceso para calificación de consumibles y tiempos aproximados para la calificación.**

Elemento	Cantidad	Tiempo aproximado (h)		Símbolo
		RX y AQ	ED	
Operación		7,5	7,5	●
Transporte		1,5	0,5	➡
Retraso		24	1,5	⦿
Inspección		1	1	■
Almacén		0,1	0,1	▼
<b>TOTAL</b>		<b>34,1</b>	<b>10,6</b>	

**ED:** Ensayos destructivos; **RX:** Radiografía; **AQ:** Análisis Químico

En el diagrama de proceso de la tabla 4.15 se puede ver el procedimiento utilizado para calificar consumibles y el resumen de operaciones necesarias en la tabla 4.16.

## 4.4 EL TAMAÑO DEL CENTRO DE SERVICIOS DE SOLDADURA

### 4.4.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NORMAL

Partiendo de la idea que los trabajos de soldadura para la prestación de servicios de calificación de soldadores, procedimientos y consumibles son realizados uno a la vez (termina uno empieza otro), se tiene que la capacidad de producción normal es como se muestra en la tabla 4.17, esta capacidad esta comparada con el número de horas laborables al mes, el mismo que es igual a 160 horas, con lo cual se manifiesta que es posible cubrir una demanda del 40% del total de servicios de soldadura existentes en el Mercado.

**Tabla 4.17: Capacidad de Producción Normal en Horas por Mes de acuerdo a la demanda**

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN NORMAL POR MES				
SERVICIOS	TIEMPO EJECUCIÓN [h]	DEMANDA	40% DEMANDA	CAPACIDAD [h]
C. PROCEDIMIENTOS	7,1	8	3	21,3
C. SOLDADORES	9,1	12	5	45,5
C. CONSUMIBLES	10,6	22	9	95,4
<b>TOTAL</b>				<b>162,2</b>



En la sección en la que se habla de la maquinaria necesaria para el Centro de Soldadura se recomienda la adquisición de cinco máquinas soldadoras las cuales van a estar ocupadas de acuerdo a la tabla 4.18 y 4.19, el tiempo total de uso es de 83,5 horas que equivale a un promedio de 16,7 horas de uso al mes por cada máquina.

Entonces la capacidad de producción del Centro de Soldadura está basada en la demanda que se pretende alcanzar, es decir se puede tener en total 17 servicios entre calificación de soldadores, procedimientos y consumibles así como también un curso de capacitación para soldadores, cada mes.

**Tabla 4.18: Utilización de las máquinas soldadoras I**

<b>UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS DE SOLDAR</b>				
<b>SERVICIOS</b>	<b>TIEMPO USO [h]</b>	<b>DEMANDA</b>	<b>40% DEMANDA</b>	<b>UTILIZACIÓN [h]</b>
C. PROCEDIMIENTOS	2	8	3	6
C. SOLDADORES	2	12	5	10
C. CONSUMIBLES	4	22	9	36
<b>TOTAL</b>				<b>52</b>

**Tabla 4.19: Utilización de las máquinas soldadoras II**

<b>UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS DE SOLDAR</b>				
<b>CURSOS DE CAPACITACIÓN</b>	<b>DURACIÓN (h)</b>	<b>PRÁCTICAS (h)</b>	<b>DEMANDA</b>	<b>UTILIZACIÓN (h)</b>
SMAW	40	28	1	28
GMAW	50	35	1	35
GTAW	40	28	1	28
FCAW	50	35	1	35
<b>PROMEDIO UTILIZACIÓN</b>				<b>31,5</b>

La utilización de las máquinas soldadoras para los servicios de soldadura es aproximadamente la tercera parte de la capacidad total al mes, por lo que existe una disponibilidad adecuada de uso de las máquinas para realizar las prácticas de soldadura.

#### **4.4.2 FACTORES RESTRICTIVOS Y OPTIMIZACIÓN**

Para optimizar la capacidad de producción se debe preparar los trabajos de tal manera que se pueda ejecutar en forma paralela, para esto se debe tomar en cuenta que el total de horas que se utilizan los equipos de soldadura para cumplir con la demanda se puede duplicar, para esto también debe aumentar la

mano de obra directa para realizar los trabajos de soldadura, y se podría doblar la prestación de servicios.

Uno de los factores que retrasa algunos de los procesos son los ensayos requeridos en las probetas, con los que actualmente la ESPE no cuenta, como es el análisis químico en el caso de calificación de consumibles. Cuando existan estos retrasos es importante avanzar con los otros trabajos mientras se espera los resultados de los ensayos que deben ser contratados.

#### **4.4.3 JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO EN RELACIÓN CON EL SERVICIO**

El tamaño del Centro de Soldadura esta basado en la demanda que se desea cubrir con la mayor eficiencia posible, para lo cual se tienen las siguientes instalaciones:

- Siete cubículos de soldadura, los cuales se ocupan por las cinco máquinas soldadoras, uno para proceso oxicorte, y uno inicialmente queda vacío para que en el futuro se pueda adquirir otra maquinaria dependiendo de la demanda.
- Espacios para bodegas de materiales y herramientas, se debe tomar en cuenta el tipo de materiales con los que se va a trabajar para dimensionar los espacios físicos
- Área administrativa, en donde se tiene 3 oficinas, una para reuniones otra para Gerencia y la última para personal de apoyo como ventas, soldador, ayudantes. Dentro de esta área se debe atender al cliente de la mejor manera y ofrecerle un ambiente agradable para esto esta destinado un área de espera donde se encontrará material informativo y de distracción.
- Es importante tomar en cuenta los espacios de circulación del personal y las instalaciones de las baterías sanitarias.
- Debe existir espacio adecuado para una aula en donde se dicte los cursos de capacitación
- Área para laboratorios de END, (laboratorio de gammagrafía, ultrasonido y partículas magnéticas).

## **4.5 LOCALIZACIÓN ELEGIDA**

### **4.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN**

El presente proyecto se localizará en la provincia de Pichincha, en la ciudad de Sangolquí, en las instalaciones de la ESPE y adyacente a los laboratorios de la FIME (Máquinas – Herramienta, Termodinámica, Motores, etc.). A continuación se describirá la Macrolocalización.

La provincia de Pichincha es una de las más importantes dentro del Ecuador debido a que su capital (Quito), es un centro económico y político, además de un centro estratégico para el movimiento empresarial e industrial. La ciudad de Sangolquí se localiza a menos de una hora de Quito, cuenta con clima apropiado para el desarrollo de actividades industriales, así como estructura vial adecuada que permite fácil acceso y salida y actualmente se desarrolla rápidamente en el sector económico como industrial, conjuntamente con sus poblaciones aledañas. Estos factores establecen la primera pauta para determinar como correcta la ubicación elegida. A continuación se describe la Microlocalización del proyecto.

La ESPE es una institución de educación superior reconocida nacional como internacionalmente. Entre las carreras que ofrece la institución, está la de Ingeniería Mecánica, que prepara a los estudiantes en varios campos, como diseño, energías, control, entre otros; para lo cual cuenta con diversos laboratorios como: Metalurgia, Resistencia de Materiales, Máquinas Herramienta, Metrología, Termodinámica, Fluidos, Motores, CAD CAM, etc. Siendo este el principal motivo para determinar la Microlocalización del Centro de Servicios en Soldadura, ya que las actividades que se planifican para el Centro requieren de la utilización de estos laboratorios.

Si se elige otro sector (ejemplo: Sur de Quito), los costos se incrementan, ya sea por el transporte de los elementos para ser ensayados o por pagar a otra entidad por este servicio.

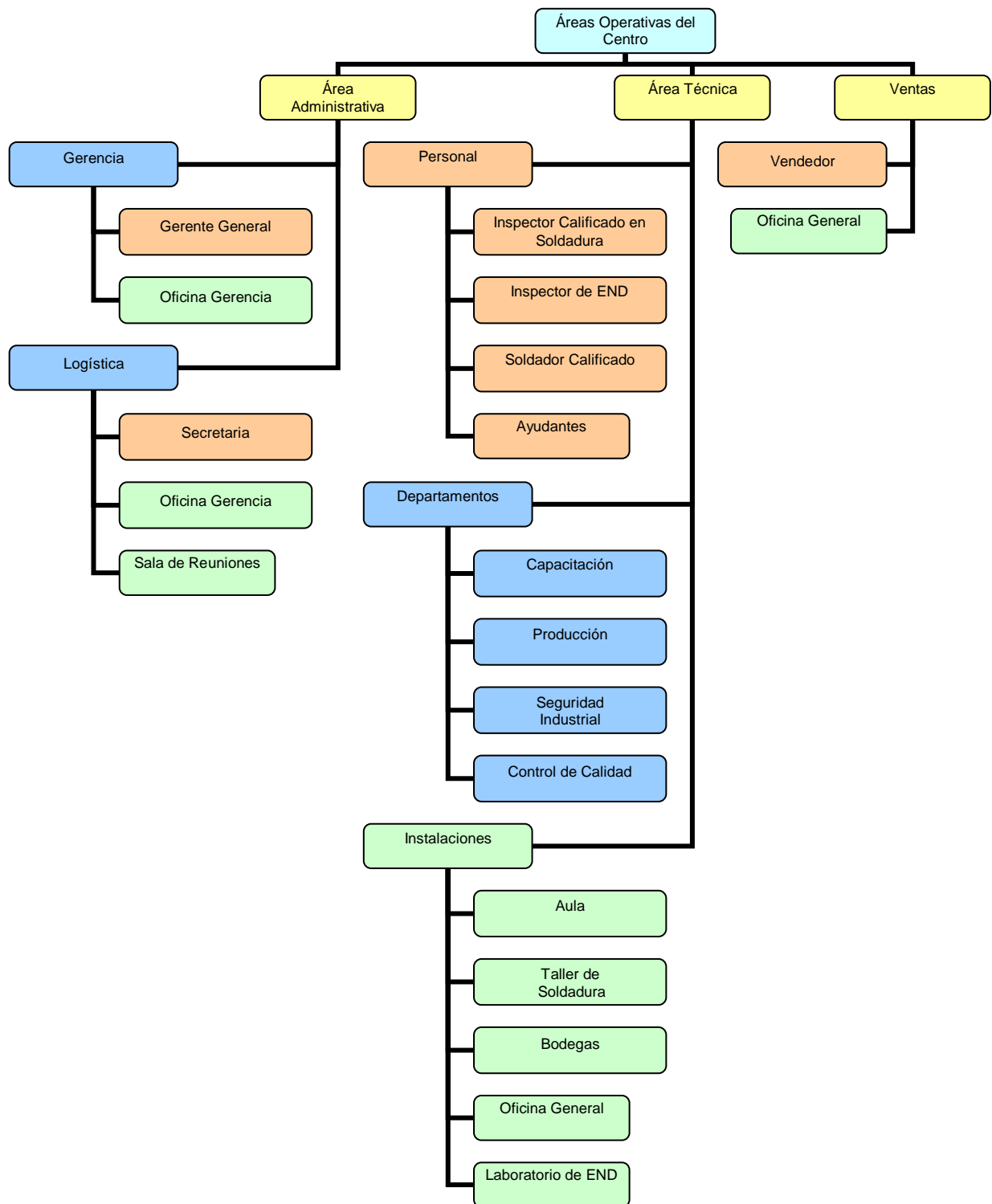
Además el Centro de Servicios en Soldadura, pretende formar parte del conglomerado de la ESPE, para así diversificar aún más las áreas de ejecución de la institución.

#### **4.5.2 ORDENAMIENTO DEL AMBIENTE DE TAREAS**

Una vez determinada la localización del proyecto, se debe establecer la organización del mismo, para lo cual se dividirá al Centro en tres áreas específicas para su operación, estas áreas son:

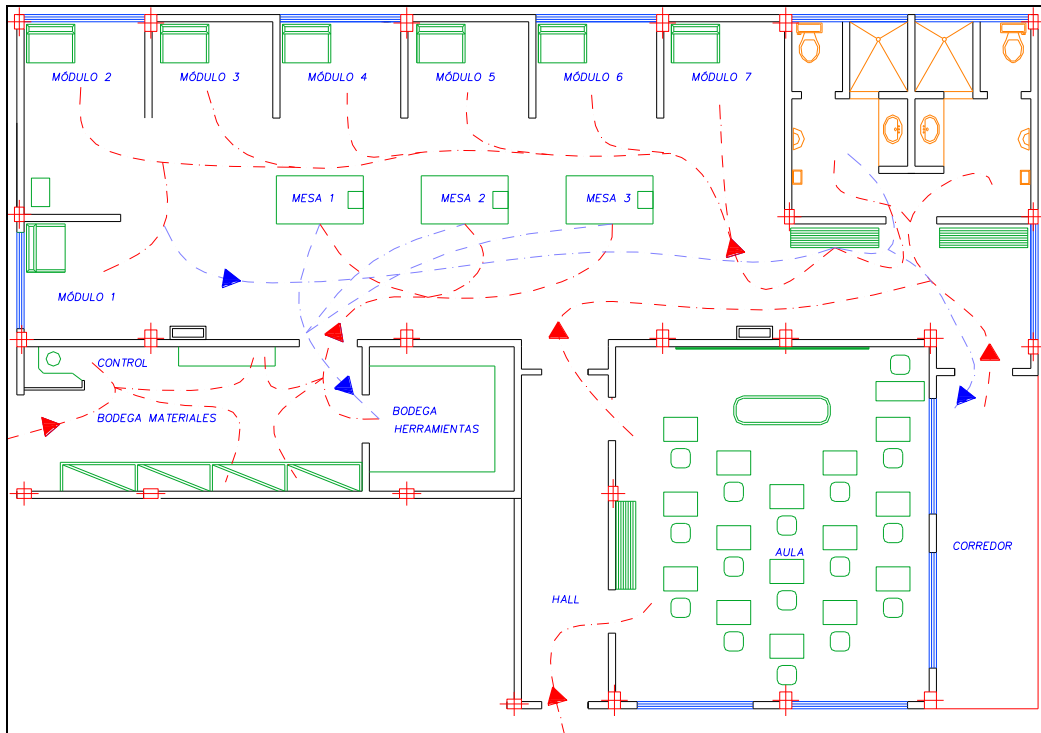
- Área Técnica
- Área Administrativa
- Ventas

Cada una de estas áreas se encargará de un grupo de actividades e instalaciones. En el siguiente organigrama se muestra esta estructura.



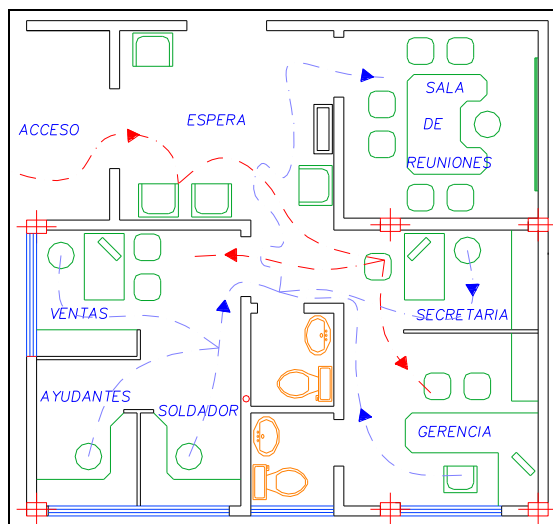
### Flujos de trabajo del proceso de operación.

La figura 4.1 muestra la trayectoria de los estudiantes desde las aulas a los puestos de trabajo además de la trayectoria de los materiales y herramientas necesarios para las prácticas.



**Figura 4.1: Flujo de trabajo para el proceso de capacitación**

La figura 4.2 muestra la trayectoria de un cliente cuando requiere los servicios del Centro de Soldadura además de la trayectoria para reuniones del personal que trabaja en el Centro.



**Figura 4.2: Flujo de trabajo para el proceso en el Área Administrativa**

La figura 4.3 muestra la trayectoria del proceso de calificación, ya sea de procedimientos, soldadores o consumibles en el Centro de Soldadura.

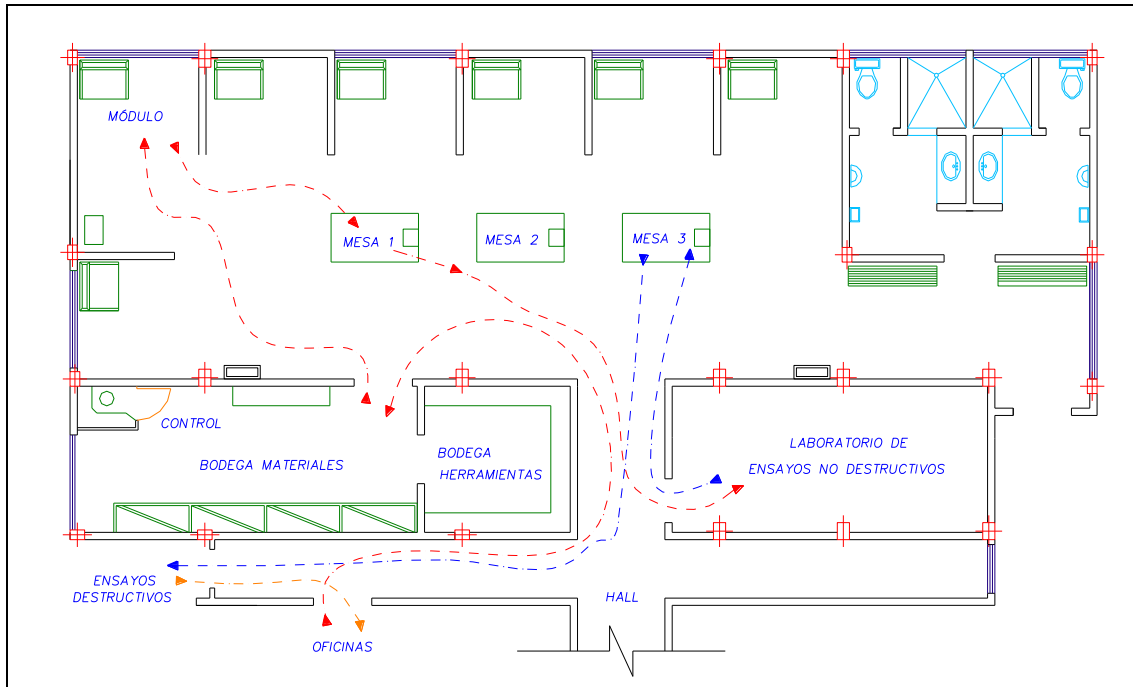


Figura 4.3: Flujo de trabajo para el proceso de calificación

### 4.5.3 CALIFICACIÓN DEL ENTORNO GENERAL

El método cualitativo por puntos será empleado para calificar el entorno general. Se listarán los factores determinantes de la localización, se les asignará valores ponderados de peso relativo de acuerdo a su importancia (para el presente proyecto estos índices se basan en los costos de los diversos parámetros de evaluación), se calificará cada factor de la ubicación actual sobre diez puntos (siendo diez el valor más alto) y se obtendrán diversos valores de ponderación al multiplicar cada peso por la calificación. A continuación se muestra la tabla de ponderación con el resultado.

**Tabla 4.20: Parámetros ponderados para la localización de la planta.**

Ord.	Factor	Peso	ESPE - Sangolquí	
			Calificación	Ponderación
1	Laboratorios para ensayos	0.15	8	1.20
2	Costos ensayos	0.17	7	1.19
3	Clima	0.05	10	0.50
4	Personal disponible	0.07	7	0.49
5	Transporte	0.05	9	0.45
6	MP disponible	0.07	6	0.42
7	Cercanía mercado	0.10	5	0.50
8	Costo insumos	0.03	6	0.18
9	Vías de acceso	0.05	10	0.50
10	Medio ambiente	0.05	10	0.50
11	Servicios básicos	0.08	9	0.72
12	Comunicaciones	0.10	8	0.80
13	Economías externas	0.03	6	0.18
<b>SUMATORIA</b>		<b>1.00</b>		<b>7.63</b>

#### **4.5.4 JUSTIFICACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN ELEGIDA CON EL TAMAÑO Y LOS SERVICIOS DEL CENTRO DE SOLDADURA**

Los Servicios que se pretende implementar con el Centro de Soldadura requieren de ensayos, los cuales se los puede realizar en los laboratorios con los que cuenta la FIME, y así evitar costos de transporte y tiempo. Es por esto que la localización elegida para la implementación del Centro, es la ESPE, además que se disminuye el tamaño del Centro de Soldadura porque evita la construcción de instalaciones para maquinaria de ensayos y elaboración de probetas cuando se necesite maquinado.

## **4.6 OBRAS FÍSICAS REQUERIDAS**

### **4.6.1 ESPECIFICACIÓN DE OBRAS FÍSICAS**

En esta sección se especifican las obras físicas que deben realizarse en la construcción del Centro en Soldadura. A continuación se listan las más relevantes en forma general.



**Trabajos preliminares:**

- Limpieza de terreno
- Replanteo y nivelación
- Excavación de cimientos y plintos
- Cimientos de piedra
- Relleno y compactado
- Desalojo
- Contra piso
- Masillado de piso

**Hormigón en:**

- Replanteo
- Plintos
- Columnas
- Cadenas inferiores

**Hierro en:**

- Parrillas diámetro 12m.m.
- Columnas diámetro 12mm
- Cadenas inferiores diámetro 10mm
- Perfiles de acero
- Hierro para chicotes y estribos
- Mano de obra armado de estructura metálica

**Mampostería:**

- Mampostería de bloque

**Enlucidos:**

- Enlucido vertical
- Instalaciones eléctricas:
- Punto de luz
- Tomacorrientes
- Tablero de distribución
- Acometida medidor

**Instalaciones hidro – sanitarias:**

- Punto agua fría
- Punto aguas servidas 110mm
- Punto aguas servidas 50mm
- Caja de revisión

**Obras exteriores:**

- Vereda perimetral
- Limpieza y desalojo

**Piso:**

- Enlucido horizontal
- Baldosa

**Baños:**

- Revestimiento vertical
- Trampa de piso

**Adicionales:**

- Ventanas de aluminio
- Pintura de tumbado
- Textura interior
- Grafiado exterior

Un grupo de instalaciones muy importantes son aquellas de seguridad contra incendios, a continuación se mencionan los requisitos necesarios con los que debe contar una planta industrial, los mismos que están basados en el Reglamento de prevención contra incendios del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito.

- Provisión de salidas o escapes seguros que faciliten la evacuación en el menor tiempo posible en caso de incendio.

- Las vías de evacuación deben construirse de materiales incombustibles tanto en estructura, paredes, pisos y recubrimientos. Deben estar claramente identificadas y señaladas.
- Precauciones estructurales para resistencia necesaria a un incendio y restrinjan la propagación del fuego.
- Se debe disponer de Bocas de Incendio ubicadas al pie de las edificaciones, la distancia entre estas en ningún caso excederá de 30m y el número de bocas es igual al cociente de la longitud de los muros perimetrales de la planta, dividido por 45. En nuestro caso se tiene un perímetro de 88.75m y un número total de bocas de incendio de dos.
- En construcciones de este tipo debe existir una reserva de agua exclusiva para incendios en un volumen no inferior a 13m<sup>3</sup>. Para el Centro de Soldadura se ha tomado un volumen igual a 20m<sup>3</sup> considerando un volumen extra en caso de no tener abastecimiento de la red de agua pública.
- El sistema de presurización debe asegurar una presión mínima de 5kg/cm<sup>2</sup> y la red de agua contra incendios debe tener un diámetro de 75mm en la tubería principal.
- Toda planta industrial debe contar con gabinetes contra incendio con extintores de incendio del tipo adecuado, el número de gabinetes está dado por la proporción de un gabinete por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie o fracción. En nuestro caso tenemos cuatro gabinetes por los 360 m<sup>2</sup> de construcción
- El cuarto de máquinas, bodegas de almacenamiento de materiales inflamables, tableros de medidores, tendrán sistemas detectores de humo y calor, adicionalmente se recomienda el uso de rociadores automáticos.

Los laboratorios de END, específicamente el laboratorio de Gammagrafía necesita de instalaciones especiales para su operación. Este tipo de instalaciones requiere de un permiso otorgado por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica (CEEAA), quienes realizan los cálculos de espesores de paredes, puertas o elementos blindados para el funcionamiento de estos

equipos e igualmente proporcionan el Reglamento de Seguridad Radiológica para la operación de los mismos.

#### 4.6.2 DIMENSIONES DE LAS OBRAS

El Centro de Servicios en Soldadura requiere de un terreno de 25 por 20 metros, para un área de construcción aproximada de 396 metros cuadrados. Como ya se mencionó anteriormente, el Centro está dividido en tres áreas de operación, un área administrativa, un área técnica y un área de ventas. Físicamente las áreas administrativa y de ventas se encuentran en las mismas instalaciones, mientras que el área técnica está dividida en el taller de soldadura, laboratorio de ensayos no destructivos y el aula de capacitación. A continuación se muestra una tabla con la distribución física del Centro y sus respectivas áreas de construcción.

**Tabla 4.21: Tabla de dimensiones físicas de las obras**

<b>DIMENSIONES</b>	
<b>Sector Operativo</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>
Técnico	236
Laboratorio de END	21
Administrativo y Ventas	55
Cisterna	15
Corredores y accesos	69
<b>Total</b>	<b>396</b>

El plano con la distribución física de la planta, fachadas y dimensiones finales del Centro de Servicios en Soldadura está en el ANEXO VIII

#### 4.6.3 REQUISITOS DE LAS OBRAS E INSTALACIONES

En esta sección se detallan los equipos, mobiliario, herramientas e instalaciones requeridas para el Centro de Soldadura.

##### Mobiliario general

- Tres unidades de almacenamiento metálicas, divididas en 6 canceles cada una, con dimensiones 1.80 x 1.20 x 0.40 metros

- Cuatro pizarrones de tiza líquida de 2.00 x 1.20 metros
- Una pantalla para proyecciones
- Tres carteleras de 1.00 x 0.80 metros
- Quince mesas y sillas para estudiante
- Una mesa para demostraciones en el aula
- Una silla y un escritorio para instructor
- Una mesa para sala de reuniones
- Seis sillas para sala de reuniones
- Una mesa de centro para sala de espera
- Cuatro sillones para sala de espera
- Tres módulos para archivar documentos en oficina
- Dos mesas para escritorio y computadora en oficina
- Una mesa para computadora en oficina
- Ocho sillas para oficina
- Un escritorio para Gerencia
- Un librero para Gerencia
- Tres mesas para oficina
- Un mueble para herramientas de bodega
- Una estructura metálica para bodega de materiales
- Un mueble para materiales de bodega
- Tres mesas metálicas para taller de 1.80 x 1.00 metros
- Tres bancas para taller
- Diez basureros para oficinas y aula
- Cuatro basureros para baterías sanitarias
- Tres basureros para taller

#### Equipo para Taller

- Siete mesas de trabajo con extractor de gases
- Tres ventiladores industriales
- Diez lámparas fluorescentes para módulos y puestos de trabajo
- Tres entenallas
- Un esmeril
- Una amoladora
- Un taladro

- Un compresor
- Una bomba de agua
- Cinco equipos de soldadura
- Un calibrador de equipos de soldadura
- Un kit de válvulas y mangueras para proceso de oxicorte

#### Equipo de oficina

- Cuatro computadores
- Un teléfono – fax
- Una copiadora, escáner e impresora
- Tres teléfonos convencionales

#### Herramientas para taller

- Ver sección de maquinaria en los factores de la producción proyectados

#### Equipo de Seguridad Industrial

- Ver sección de maquinaria en los factores de la producción proyectados

#### Equipo Contra Incendios

- Gabinete equipado
- Bocas de impulsión
- Extintores de incendio
- Rociadores automáticos
- Sistema de iluminación de emergencia
- Señalización de emergencia

#### Baterías Sanitarias

- Cuatro inodoros
- Un urinario
- Cuatro lavabos
- Cuatro muebles para lavabos
- Dos secadores de manos
- Cuatro espejos
- Sistema de ventilación mecánica

- Cuatro juegos de accesorios para baños
- Dos duchas con mamparas

*Puertas y ventanas:*

- Trece puertas
- Diecisiete ventanas
- Dos puertas corredizas
- Cinco puertas para acceso principal

#### 4.6.4 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

En proyectos anteriores se ha mencionado la construcción de obras con galpones para laboratorios de la facultad de Ingeniería Mecánica pero las autoridades de la ESPE han pospuesto este pedido porque la infraestructura general de la universidad se vería alterada.

Los problemas relacionados con la geografía de la ubicación del Centro de Soldadura es la lejanía al parque industrial de Quito, tanto al norte como el sur de la ciudad.

#### 4.6.5 COSTOS

La siguiente tabla desglosa los costos totales necesarios para la construcción y equipamiento del Centro de Soldadura. El detalle de los precios de cada rubro se muestra en el ANEXO IX.

**Tabla 4.22: Costos de Fabricación**

<b>RESUMEN DE COSTOS DE FABRICACIÓN</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
MOBILIARIO GENERAL	6949,63
EQUIPO AREA TECNICA	52929,90
OBRAS FISICAS	58467,89
<b>COSTO DE FABRICACIÓN</b>	<b>118347,42</b>

## **4.7 ORGANIZACIÓN**

### **4.7.1 PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO**

#### **4.7.1.1 Entidades Ejecutoras**

La entidad ejecutora es la misma para la cuál se esta desarrollando el proyecto, en este caso la “ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO”

#### **4.7.1.2 Administración y control de la Implementación**

La ESPE, esta encargada de contratar los servicios de empresas para la construcción de las obras civiles según sus propias políticas.

La Facultad de Ingeniería Mecánica, mediante sus funcionarios más idóneos para este fin, es el órgano responsable de:

- Presentar a las autoridades de la ESPE el proyecto para su aprobación
- Escoger la o las personas para desarrollar un Plan de Marketing y ventas para ingresar en el mercado con los servicios
- Coordinar las actividades junto con la o las personas encargadas de la construcción.
- Contratar el personal necesario para la operación del Centro de Soldadura
- Capacitar a las personas que trabajen en el Centro de Soldadura

### **4.7.2 PARA LA OPERACIÓN DEL CENTRO**

#### **4.7.2.1 Documentación**

La documentación necesaria para la operación del centro deberá estar acorde con las políticas internas de la ESPE

#### **4.7.2.2 Personal necesario**

El personal necesario para la operación del Centro de Soldadura esta descrito en la sección de personal en factores de la producción proyectados.



## CAPITULO 5: ESTUDIO FINANCIERO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 5.1 RECURSOS FINANCIEROS NECESARIOS

Los recursos financieros necesarios para la implementación del Centro de Servicios en Soldadura son de 131542,42USD, divididos en costos de inversión fija y costos de activos diferidos cuyos valores son 118347,42USD y 13195,00USD respectivamente. La tabla 5.1 muestra el desglose de estos valores.

**Tabla 5.1: Recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto**

COSTO DE INVERSIÓN FIJA	
DESCRIPCIÓN	VALOR
TERRENO	0
MOBILIARIO GENERAL Y EQUIPO DE OFICINA	6949,63
EQUIPO PARA TALLER Y HERRAMIENTAS	52929,90
OBRAS FÍSICAS	58467,89
<b><i>SUBTOTAL 1</i></b>	<b><i>118347,42</i></b>
COSTO DE ACTIVOS DIFERIDOS	
DESCRIPCIÓN	VALOR
ESTUDIOS TÉCNICOS Y DE INGENIERÍA	0
GASTOS PREOPERATIVOS	12685,00
GASTOS DE CONSTITUCIÓN	510,00
<b><i>SUBTOTAL 2</i></b>	<b><i>13195,00</i></b>
<b><i>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</i></b>	<b><i>131542,42</i></b>

### 5.2 ANÁLISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS

El análisis financiero está proyectado para un período de diez años y se lo calcula para cada costo mediante los siguientes índices:

- Crecimiento Anual de Materia Prima 2.0%
- Crecimiento Anual de Insumos 2.5%
- Crecimiento Anual de Materiales y Suministros 3.0%
- Crecimiento Anual de Sueldos y Salarios 10.0%
- Incremento Precio de Producto Terminado Anual 3.0%
- Crecimiento de Producción del Proyecto Anual 15.0%
- Incremento De Gastos Indirectos 2.0%
- Tasa de Interés Anual 12.0%
- Factor Sobre Sueldos O Salarios Nominales 0,30%

**Tabla 5.2: Análisis y Proyecciones Financieras**

<b>ANÁLISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS</b>										
<b>CONCEPTO</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8</b>	<b>AÑO 9</b>	<b>AÑO 10</b>
<b>INGRESO POR PRESTACIÓN DE SERVICIOS</b>										
INGRESO POR SERVICIO DE CALIFICACIÓN (SC)	126383,15	145340,62	167141,71	192212,97	221044,91	254201,65	292331,9	336181,68	386608,94	444600,28
INGRESO POR CURSOS DE SOLDADURA	3004,00	3454,6	3972,79	4568,7085	5254,0148	6042,117	6948,4345	7990,6997	9189,3047	10567,7
INGRESO POR SERVICIOS DE END	6244,00	7180,6	8257,69	9496,3435	10920,795	12558,914	14442,751	16609,164	19100,539	21965,62
<b>VENTA NETA TOTAL</b>	<b>135631,15</b>	<b>155975,82</b>	<b>179372,19</b>	<b>206278,02</b>	<b>237219,72</b>	<b>272802,68</b>	<b>313723,09</b>	<b>360781,55</b>	<b>414898,78</b>	<b>477133,60</b>
<b>MATERIA PRIMA DIRECTA</b>										
MP PARA CALIFICACIÓN 10% DEL COSTO	5400,63	6210,73	7142,34	8213,69	9445,74	10862,60	12491,99	14365,79	16520,66	18998,76
MP PARA CURSOS 60% DEL COSTO	1334,40	1534,56	1764,74	2029,46	2333,87	2683,96	3086,55	3549,53	4081,96	4694,25
MP PARA SERVICIOS DE END 10% DEL COSTO	312,20	359,03	412,88	474,82	546,04	627,95	722,14	830,46	955,03	1098,28
<b>COSTO DE MATERIA PRIMA DIRECTA</b>	<b>7047,23</b>	<b>8104,32</b>	<b>9319,97</b>	<b>10717,96</b>	<b>12325,65</b>	<b>14174,50</b>	<b>16300,68</b>	<b>18745,78</b>	<b>21557,65</b>	<b>24791,29</b>
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>										
SOLDADOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AYUDANTE/BODEGUERO	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
SALARIO MENSUAL NOMINAL SOLDADOR	650,00	715,00	786,50	865,15	951,67	1046,83	1151,51	1266,67	1393,33	1532,67
SALARIO MENSUAL NOMINAL AYUDANTE	260,00	286,00	314,60	346,06	380,67	418,73	460,61	506,67	557,33	613,07
SALARIO ANUAL NOMINAL SOLDADOR	7800,00	8580,00	9438,00	10381,80	11419,98	12561,98	13818,18	15199,99	16719,99	18391,99
SALARIO ANUAL NOMINAL AYUDANTE	6240,00	6864,00	7550,40	8305,44	9135,98	15074,37	16581,81	18239,99	20063,99	22070,39
<b>COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA</b>	<b>14040,00</b>	<b>15444,00</b>	<b>16988,40</b>	<b>18687,24</b>	<b>20555,96</b>	<b>27636,35</b>	<b>30399,99</b>	<b>33439,99</b>	<b>36783,98</b>	<b>40462,38</b>
<b>MATERIALES Y SUMINISTROS</b>										
COSTO SUMINISTROS 5% DEL COSTO	2811,52	3233,24	3718,23	4275,97	4917,36	5654,96	6503,21	7478,69	8600,49	9890,57
<b>COSTO DE SUMINISTROS</b>	<b>2811,52</b>	<b>3330,24</b>	<b>3829,78</b>	<b>4404,24</b>	<b>5064,88</b>	<b>5824,61</b>	<b>6698,30</b>	<b>7703,05</b>	<b>8858,51</b>	<b>10187,28</b>
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>										
ELECTRICIDAD	960,00	1104,00	1269,60	1460,04	1679,05	1930,90	2220,54	2553,62	2936,66	3377,16
TELÉFONO	661,64	760,89	875,02	1006,28	1157,22	1330,80	1530,42	1759,99	2023,98	2327,58
COMUNICACIONES	180,00	183,60	187,27	191,02	194,84	198,73	202,71	206,76	210,90	215,12
SERVICIO AGUA POTABLE	240,00	244,80	249,70	254,69	259,78	264,98	270,28	275,68	281,20	286,82
CAPACITACIÓN AL PERSONAL	0,00	0,00	6945,00	0,00	0,00	7639,50	0,00	0,00	8403,45	0,00
SERVICIOS CONTRATADOS 55% COSTO (SC)	29703,48	34159,00	39282,85	45175,28	51951,57	59744,31	68705,96	79011,85	90863,63	104493,17
<b>TOTAL GASTOS INDIRECTOS</b>	<b>31745,13</b>	<b>36452,29</b>	<b>48809,45</b>	<b>48087,31</b>	<b>55242,46</b>	<b>71109,23</b>	<b>72929,91</b>	<b>83807,90</b>	<b>104719,82</b>	<b>110699,85</b>

Tabla 5.2: Análisis y Proyecciones Financieras (Continuación)

<b>ANÁLISIS Y PROYECCIONES FINANCIERAS</b>										
<b>CONCEPTO</b>	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 5</b>	<b>AÑO 6</b>	<b>AÑO 7</b>	<b>AÑO 8</b>	<b>AÑO 9</b>	<b>AÑO 10</b>
<b>DEPRECIACIÓN DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>										
VALOR DEL ACTIVO A DEPRECIAR	52929,90	48205,24	43480,58	38755,92	34031,26	29306,60	24581,94	19857,28	15132,62	10407,96
VIDA UTIL	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
VALOR FINAL DEL ACTIVO	48205,24	43480,58	38755,92	34031,26	29306,60	24581,94	19857,28	15132,62	10407,96	5683,30
<b>VALOR DE DEPRECIACIÓN</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>	<b>4724,66</b>
<b>AMORTIZACIÓN ACTIVO FIJO</b>										
VALOR DEL ACTIVO A DEPRECIAR	58467,89	55754,36	53040,84	50327,31	47613,79	44900,26	42186,74	39473,21	36759,69	34046,17
VIDA UTIL	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
VALOR FINAL DEL ACTIVO	55754,36	53040,84	50327,31	47613,79	44900,26	42186,74	39473,21	36759,69	34046,17	31332,64
<b>VALOR DE AMORTIZACIÓN</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>	<b>2713,52</b>
<b>SUELDOS ADMINISTRATIVOS</b>										
INSPECTOR DE SOLDADURA	1560,00	1716,00	1887,60	2076,36	2284,00	2512,40	2763,64	3040,00	3344,00	3678,40
INSPECTOR DE END	1560,00	1716,00	1887,60	2076,36	2284,00	2512,40	2763,64	3040,00	3344,00	3678,40
SECRETARIA	325,00	357,50	393,25	432,58	475,83	523,42	575,76	633,33	696,67	766,33
VENTAS	455,00	500,50	550,55	605,61	666,17	732,78	806,06	886,67	975,33	1072,87
<b>TOTAL SUELDOS NOMINALES AL AÑO</b>	<b>46800,00</b>	<b>51480,00</b>	<b>56628,00</b>	<b>62290,80</b>	<b>68519,88</b>	<b>75371,87</b>	<b>82909,05</b>	<b>91199,96</b>	<b>100319,96</b>	<b>110351,95</b>
<b>DEPRECIACIÓN MOBILIARIO Y EQUIPO OFICINA</b>										
VALOR DEL ACTIVO A DEPRECIAR	6949,63	6329,29	5708,95	5088,60	4468,26	3847,92	3227,58	2607,24	1986,89	1366,55
VIDA UTIL	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18
VALOR FINAL DEL ACTIVO	6329,29	5708,95	5088,60	4468,26	3847,92	3227,58	2607,24	1986,89	1366,55	746,21
<b>VALOR DE DEPRECIACIÓN</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>	<b>620,34</b>
<b>AMORTIZACIÓN GASTOS PREOPERACIONALES</b>										
VALOR DEL ACTIVO A DEPRECIAR	12685,00	11832,16	10979,32	10126,49	9273,65	8420,81	7567,97	6715,13	5862,30	5009,46
VIDA UTIL	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
VALOR FINAL DEL ACTIVO	11832,16	10979,32	10126,49	9273,65	8420,81	7567,97	6715,13	5862,30	5009,46	4156,62
<b>VALOR DE DEPRECIACIÓN</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>	<b>852,84</b>
<b>AMORTIZACIÓN GASTOS DE CONSTITUCIÓN</b>										
VALOR DEL ACTIVO A DEPRECIAR	510,00	475,71	441,42	407,14	372,85	338,56	304,27	269,98	235,69	201,41
VIDA UTIL	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
VALOR FINAL DEL ACTIVO	475,71	441,42	407,14	372,85	338,56	304,27	269,98	235,69	201,41	167,12
<b>VALOR DE DEPRECIACIÓN</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>	<b>34,29</b>

### 5.3 DETERMINACIÓN DE INDICADORES ECONÓMICO

Tabla 5.3: Flujo de Caja del Proyecto

<b>ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS</b>											
<b>Rubros \ Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INGRESOS</b>											
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>135631,15</b>	<b>155975,82</b>	<b>179372,19</b>	<b>206278,02</b>	<b>237219,72</b>	<b>272802,68</b>	<b>313723,09</b>	<b>360781,55</b>	<b>414898,78</b>	<b>477133,60</b>
<b>EGRESOS</b>											
<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>		<b>63082,06</b>	<b>70769,04</b>	<b>86385,77</b>	<b>89334,94</b>	<b>100627,15</b>	<b>126182,88</b>	<b>133767,06</b>	<b>151134,90</b>	<b>179358,14</b>	<b>193579,00</b>
MATERIA PRIMA DIRECTA		7047,23	8104,32	9319,97	10717,96	12325,65	14174,50	16300,68	18745,78	21557,65	24791,29
MANO DE OBRA DIRECTA		14040,00	15444,00	16988,40	18687,24	20555,96	27636,35	30399,99	33439,99	36783,98	40462,38
<b>COSTOS DE FABRICACIÓN</b>		<b>41994,83</b>	<b>47220,72</b>	<b>60077,41</b>	<b>59929,74</b>	<b>67745,53</b>	<b>84372,03</b>	<b>87066,40</b>	<b>98949,14</b>	<b>121016,51</b>	<b>128325,32</b>
SUMINISTROS		2811,52	3330,24	3829,78	4404,24	5064,88	5824,61	6698,30	7703,05	8858,51	10187,28
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66
AMORTIZACIÓN ACTIVOS FIJOS		2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52
GASTOS INDIRECTOS		31745,13	36452,29	48809,45	48087,31	55242,46	71109,23	72929,91	83807,90	104719,82	110699,85
<b>UTILIDAD BRUTA</b>		<b>72549,09</b>	<b>85206,78</b>	<b>92986,42</b>	<b>116943,09</b>	<b>136592,58</b>	<b>146619,80</b>	<b>179956,02</b>	<b>209646,64</b>	<b>235540,64</b>	<b>283554,60</b>
<b>GASTOS ADM. Y VENTAS</b>		<b>48307,47</b>	<b>52987,47</b>	<b>58135,47</b>	<b>63798,27</b>	<b>70027,35</b>	<b>76879,34</b>	<b>84416,52</b>	<b>92707,43</b>	<b>101827,42</b>	<b>111859,42</b>
SUELDOS ADMINISTRACIÓN		46800,00	51480,00	56628,00	62290,80	68519,88	75371,87	82909,05	91199,96	100319,96	110351,95
DEPRECIACIÓN MOBILIARIO		620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34
AMORT. GASTOS PREOPERACIONALES		852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84
AMORT. GASTOS CONSTITUCIÓN		34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29
<b>UTILIDAD ANTES DE 1ER. IMPUESTO</b>		<b>24241,62</b>	<b>32219,31</b>	<b>34850,95</b>	<b>53144,82</b>	<b>66565,23</b>	<b>69740,47</b>	<b>95539,50</b>	<b>116939,22</b>	<b>133713,21</b>	<b>171695,18</b>

**Tabla 5.3: Flujo de Caja del Proyecto (Continuación)**

<b>ESTADO DE PERDIDAS Y GANACIAS</b>											
<b>Rubros \ Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE 1ER. IMPUESTO</b>		<b>24241,62</b>	<b>32219,31</b>	<b>34850,95</b>	<b>53144,82</b>	<b>66565,23</b>	<b>69740,47</b>	<b>95539,50</b>	<b>116939,22</b>	<b>133713,21</b>	<b>171695,18</b>
15% PARTICIPACIÓN LABORAL		3636,24	4832,90	5227,64	7971,72	9984,78	10461,07	14330,93	17540,88	20056,98	25754,28
<b>UTILIDAD ANTES DE 2DO. IMPUESTO</b>		<b>20605,38</b>	<b>27386,42</b>	<b>29623,31</b>	<b>45173,09</b>	<b>56580,45</b>	<b>59279,40</b>	<b>81208,58</b>	<b>99398,33</b>	<b>113656,23</b>	<b>145940,90</b>
25% IMPUESTO A LA RENTA		5151,34	6846,60	7405,83	11293,27	14145,11	14819,85	20302,14	24849,58	28414,06	36485,23
<b>UTILIDAD NETA</b>		<b>15454,03</b>	<b>20539,81</b>	<b>22217,48</b>	<b>33879,82</b>	<b>42435,33</b>	<b>44459,55</b>	<b>60906,43</b>	<b>74548,75</b>	<b>85242,17</b>	<b>109455,68</b>
DEPRECIACIÓN MAQUINARIA		4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66	4724,66
AMORTIZACIÓN ACTIVOS FIJOS		2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52	2713,52
DEPRECIACIÓN MOBILIARIO		620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34	620,34
AMORT. GASTOS PREOPERACIONALES		852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84	852,84
AMORT. GASTOS CONSTITUCIÓN		34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29	34,29
INVERSIÓN INICIAL	-131542,42										
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-131542,42</b>	<b>24399,69</b>	<b>29485,46</b>	<b>31163,13</b>	<b>42825,47</b>	<b>51380,99</b>	<b>53405,20</b>	<b>69852,08</b>	<b>83494,40</b>	<b>94187,82</b>	<b>118401,33</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACTUALIZADO</b>	<b>-131542,42</b>	<b>21785,43</b>	<b>23505,63</b>	<b>22181,30</b>	<b>27216,36</b>	<b>29154,95</b>	<b>27056,74</b>	<b>31597,54</b>	<b>33721,99</b>	<b>33965,07</b>	<b>38122,06</b>

Para determinar los indicadores económicos para el proyecto, es necesario realizar el cálculo del flujo de caja, el mismo que se muestra en la tabla 5.3.

### 5.3.1 TASA MÍNIMA ACEPTABLE DE RETORNO (TMAR)

La tasa mínima aceptable de retorno se calcula sumando el porcentaje de tasa activa más el porcentaje de riesgo del proyecto. En este caso es 12% y 3% respectivamente. Estos valores son los recomendados para proyectos de factibilidad. En conclusión la TMAR es igual a 15% y es la tasa con la cual se halla el valor actual neto (VAN).

### 5.3.2 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El criterio del VAN plantea que el proyecto debe aceptarse si éste es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos los ingresos y egresos del proyecto expresados en moneda actual. El resultado del VAN para el proyecto es 3493.87, lo que como primer parámetro de evaluación indica que el proyecto es factible.

**Tabla 5.4: Cálculo del VAN**

AÑOS	FLUJO NETO	VAN	<i>i</i>
0	-131542,42	-131542,42	15%
1	21785,43	18943,85	
2	23505,63	17773,63	
3	22181,30	14584,57	
4	27216,36	15561,04	
5	29154,95	14495,16	
6	27056,74	11697,37	
7	31597,54	11878,68	
8	33721,99	11023,78	
9	33965,07	9654,99	
10	38122,06	9423,19	
<b>VAN</b>		<b>3493,87</b>	

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^n} \quad (5.1)$$

Donde:

$BN_t$  = Flujo de Caja,  $t$  = período,  $i$  = TMAR

### 5.3.3 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

El criterio del TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. El criterio del TIR es equivalente a igualar el VAN a cero y determinar la tasa que le permite al flujo actualizado ser cero. Entonces, si la TIR es mayor o igual que la TMAR el proyecto debe aceptarse, en este caso el TIR es igual a 16%, por lo que se tiene el segundo parámetro que demuestra la viabilidad del proyecto.

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (5.2)$$

Donde:

$BN_t$  = Flujo de Caja,  $t$  = período,  $r$  = TIR,  $I_0$  = Inversión inicial

### 5.3.4 RELACIÓN BENEFICIO / COSTO (B/C)

Un tercer criterio tradicionalmente utilizado en la evaluación de proyectos es la razón beneficio – costo, que es la relación entre los ingresos y egresos del proyecto. El criterio de aceptación establece que esta relación debe ser mayor a uno y generalmente se encuentra en el rango de 1.001 y 1.5. Para el proyecto este valor es igual a 1.19 y demuestra que el proyecto es factible para su ejecución. En la tabla 5.5 se muestra el cálculo de la razón B/C.

**Tabla 5.5: Cálculo de B/C**

AÑOS	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO	ING. ACTIVOS	EGR. ACTIVOS
0		131542,42	-131542,42		
1	135631,15	111389,53	21785,43	117940,13	96860,46
2	155975,82	123756,51	23505,63	117940,13	93577,70
3	179372,19	144521,24	22181,30	117940,13	95025,06
4	206278,02	153133,20	27216,36	117940,13	87554,41
5	237219,72	170654,49	29154,95	117940,13	84845,44
6	272802,68	203062,22	27056,74	117940,13	87789,40
7	313723,09	218183,58	31597,54	117940,13	82023,29
8	360781,55	243842,33	33721,99	117940,13	79712,49
9	414898,78	281185,57	33965,07	117940,13	79930,49
10	477133,60	305438,42	38122,06	117940,13	75499,71
SUMA				1179401,28	994360,86
<b>B / C</b>	<b>1,19</b>				

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}} \quad (5.3)$$

Donde:

$Y_t$  = Ingresos,  $E_t$  = Egresos (incluida la inversión inicial),  $t$  = período,  $i$  = TMAR

## 5.4 CONCLUSIONES ESTUDIO FINANCIERO – ECONÓMICO

De acuerdo a los indicadores económicos y a los criterios que han sido evaluados en el cálculo de cada uno de estos, se puede concluir que el proyecto es factible económicamente. A continuación se muestra la tabla 5.6 con un resumen de estos indicadores.

**Tabla 5.6: Resumen indicadores financieros y económicos del Proyecto**

<b>Indicadores Financieros del Proyecto</b>	
TMAR	15%
VAN	3493,87
TIR	16%
B/C	1,19

Un último dato muy importante por calcular es el período de recuperación de la inversión (PR). La siguiente tabla muestra el PR para el proyecto.

**Tabla 5.7: Período de Recuperación del Proyecto**

<b>AÑO</b>	<b>FLUJO ACTUALIZADO</b>	<b>FLUJO ACUMULADO</b>
0	-131542,42	
1	21785,43	21785,43
2	23505,63	45291,07
3	22181,30	67472,37
4	27216,36	94688,73
5	29154,95	123843,68
6	27056,74	150900,42
7	31597,54	182497,95
8	33721,99	216219,94
9	33965,07	250185,02
10	38122,06	288307,07

Como se puede apreciar en la tabla 5.7, la inversión se recupera al inicio del sexto año, para establecer exactamente el período de recuperación hacemos lo siguiente:



$$TR_2 = 150900.42 - 131542.42$$

$$TR_2 = 19358.00$$

$$\frac{19358.00}{150900.42} = 0.128$$

$$TR = 5 + 0.128 = 5.128[\text{años}]$$

$$TR = 61.54[\text{meses}]$$

$$TR = 5 \text{ _ años, } 1 \text{ _ mes, } 11 \text{ _ días}$$

Es decir el período de recuperación es igual a 5,128 años, que equivale a 61.54 meses y exactamente a 5 años, 1 mes y 11 días.



## **CAPITULO 6: ESTUDIO MEDIO AMBIENTAL**

### **6.1 EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Muchos talleres de soldadura en el Ecuador no cuentan con procedimientos para disminuir el impacto ambiental generado ni para precautelar la seguridad del soldador, a pesar de que los riesgos producto de estos procesos son varios y hasta mortales.

Toda soldadura entraña riesgos de incendio, quemaduras, radiación infrarroja, radiación ultravioleta, inhalación de humos metálicos y otros contaminantes como ozono, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, fluoruros, etc., riesgos eléctricos, ruido, botellas de gas a presión y explosiones.

Desde el punto de vista ambiental y de la soldadura, el aire es el medio más susceptible a contaminación y por ende las personas que se encuentran expuestas a éste las más afectadas. Es por este motivo que en este capítulo se estudiarán y analizarán las causas de la contaminación del aire por medio de gases y humos de soldadura y las soluciones para prevenir riesgos en el ser humano, para ser aplicados en el Centro de Servicios.

Además, también se determinarán los contaminantes del suelo producidos por los diversos procesos de soldadura y las posibles soluciones para corregir este problema. No se estudiará el impacto ambiental que ejercen los procesos de soldadura en el agua ya que son mínimos o casi nulos para el proyecto.

### **6.2 ANÁLISIS DE GASES QUE EMITEN LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

Los contaminantes atmosféricos producidos en los procesos de soldadura y oxicorte, como humos y gases son procedentes de diversas fuentes:

- El metal base, el metal de aporte o constituyentes de diversos tipos de acero, como acero al níquel o al cromo.

- Cualquier recubrimiento metálico del metal base o del metal de aporte (ejemplo, zinc y cadmio procedentes del recubrimiento electrolítico, zinc del galvanizado y cobre en forma de una delgada capa de recubrimiento en electrodos continuos de aportación de acero suave).
- Pintura, grasa, residuos y otros contaminantes por el estilo presentes en la superficie del elemento que se suelda.
- Capa de fundente sobre la varilla de metal de aportación.
- La acción del calor o la luz ultravioleta sobre el aire o sobre hidrocarburos clorados.
- Gas inerte utilizado como atmósfera protectora.

Como producto de estas fuentes, en casi todos los procesos de soldadura se encuentran:

a) Humos metálicos que dependerán de una serie de factores como son el punto de fusión y el de vaporización. El plomo, cinc y cadmio tiene bajos estos parámetros por lo que se forman fácilmente humos metálicos al soldar estos metales. Entre los humos metálicos que se pueden encontrar en los procesos de soldeo se tiene:

- Tóxicos o irritantes como el cadmio, cromo, manganeso, cinc, mercurio, níquel, titanio, vanadio, plomo y molibdeno.
- Neumoconióticos poco peligrosos como el aluminio, hierro, estaño y carbón.
- Neumoconióticos muy peligrosos: asbestos, sílice y berilio.

b) Gases que se desprenden al soldar, bien porque se utilice para proteger la soldadura (CO<sub>2</sub>, argón, helio, etc.) o bien porque se desprenden de los revestimientos de electrodos o piezas a soldar.

Así, se encuentran vapores nitrosos, siendo el NO<sub>2</sub> el de mayor concentración. Las operaciones realizadas al arco con electrodo revestido son las que dan una mayor concentración de estos vapores y por consiguiente el más peligroso es el corte al arco con electrodo de

tungsteno. Cuando el soplete quema al vacío, las concentraciones de  $\text{NO}_2$  son mayores que durante el proceso de soldeo. El mayor peligro de los óxidos de nitrógeno consiste en que su presencia pasa inadvertida hasta que sobreviene la intoxicación.

El ozono ( $\text{O}_3$ ) es otro de los gases que se produce por la emisión de rayos ultravioleta que generan las operaciones de soldadura. La producción de  $\text{O}_3$  es menor cuando el gas protector es argón que cuando es helio. La soldadura por plasma es la que mayor concentración de ozono produce.

El argón, helio y  $\text{CO}_2$  son gases no tóxicos pero pueden crear problemas de asfixia por desplazamiento de oxígeno del recinto si éste es cerrado, pequeño e insuficientemente ventilado. El dióxido de carbono puede pasar a monóxido de carbono en el arco, siendo muy peligroso pues impide el proceso de oxigenación de la sangre.

Cuando las piezas contienen restos de disolventes clorados, como tricloroetileno, percloroetileno, etc., por acción de la radiación ultravioleta, se pueden descomponer, originando gases suficientemente tóxicos e irritantes como el fosgeno, por lo que se pondrá especial cuidado en no soldar en presencia de estos disolventes.

También existen fluoruros procedentes de los humos de los fundentes, así como acroleína al aplicar altas temperaturas sobre glicéridos (aceites, grasas) que recubren las piezas a soldar.

En la siguiente tabla (6.1) se ilustran los principales riesgos y gases producto de los procesos de soldadura más comunes.

**Tabla 6.1: Riesgos de los procesos de soldadura**

<b>Proceso de Soldadura</b>		<b>Riesgo</b>
<b>Soldadura y corte con gas</b>	<b>Soldadura fuerte</b>	Humos metálicos (en especial de cadmio), fluoruros, incendio, explosión, quemaduras
	<b>Soldadura blanda</b>	Fundentes, humos de plomo, quemaduras
	<b>Oxicorte de metales y ranuración con soplete</b>	Humos metálicos, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ruido, quemaduras, radiación infrarroja, incendio, explosiones
<b>Soldadura al arco protegida por fundente</b>	<b>Soldadura por arco metálico protegido (SMAW)</b>	Humos metálicos, fluoruros (en especial con electrodos bajos en hidrógeno), radiación infrarroja y ultravioleta, quemaduras, riesgos eléctricos, incendio; también ruido, ozono, dióxido de nitrógeno
	<b>Soldadura por arco sumergido (SAW)</b>	Fluoruros, incendio, quemaduras, radiación infrarroja, riesgos eléctricos; también humos metálicos, ruido, radiación ultravioleta, ozono y dióxido de nitrógeno
<b>Soldadura por arco con protección gaseosa</b>	<b>Soldadura por arco metálico en atmósfera de gas inerte (GMAW)</b>	Radiación ultravioleta, humos metálicos, ozono, monóxido de carbono (con gas CO <sub>2</sub> ), dióxido de nitrógeno, incendio, quemaduras, radiación infrarroja, riesgos eléctricos, fluoruros, ruido
	<b>Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (GTAW)</b>	Radiación ultravioleta, humos metálicos, ozono, dióxido de nitrógeno, incendio, quemaduras, radiación infrarroja, riesgos eléctricos, ruido, fluoruros, monóxido de carbono
	<b>Soldadura por arco de plasma (PAW) y metalización por arco de plasma; corte por arco de tungsteno</b>	Humos metálicos, ozono, dióxido de nitrógeno, radiación ultravioleta e infrarroja, ruido; incendio, quemaduras, riesgos eléctricos, fluoruros, monóxido de carbono, posiblemente rayos x
	<b>Soldadura al arco con hilo tubular relleno de fundente (FCAW)</b>	Radiación ultravioleta, humos metálicos, ozono, monóxido de carbono (con gas CO <sub>2</sub> ), dióxido de nitrógeno, incendio, quemaduras, radiación infrarroja, riesgos eléctricos, fluoruros, ruido
<b>Soldadura eléctrica por resistencia</b>	<b>Soldadura por resistencia (por puntos, en costura, a tope)</b>	Ozono, ruido (a veces), riesgos por maquinaria, incendio, quemaduras, riesgos eléctricos, humos metálicos

Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, Capítulo: Metalurgia y Metalistería, Michael McCann

Para reducir las afecciones producidas por los vapores, gases o humos de soldadura es muy importante corregir posición en que el operario se encuentra con respecto a los humos de soldadura, así como la distancia entre éste al electrodo y el grado de ventilación que exista en el recinto dónde se efectúe la soldadura. Con respecto a los humos, el operario se puede colocar paralelamente a los mismos (posición correcta), perpendicular a ellos, o intermedia. La relación entre las cantidades inhaladas según la posición perpendicular/paralela puede llegar a ser de 10/1.

Algo similar ocurre si la distancia entre el operario y el electrodo es más pequeña. Ello puede estar motivado por usar cristales protectores incorrectos contra la radiación ultravioleta, (demasiado oscuros) o bien por malos hábitos. La ventilación es necesaria siempre, en los sitios donde se suelda continuamente, ya que los humos se van acumulando.

Una de las tantas afecciones que puede sufrir un ser humano al estar en contacto con los humos y gases de soldadura es enfermarse de fiebre por vapores de metal. Este trastorno se observa con frecuencia en trabajadores expuestos a vapores de zinc en el proceso de galvanización o estañado, en la fundición de latón, en la soldadura de metal galvanizado y en la metalización o rociado de metal, así como por exposición a otros metales, como cobre, manganeso y hierro. Es una afección aguda que se manifiesta varias horas después de la inhalación inicial de partículas de un metal o sus óxidos. Puede evitarse manteniendo la exposición a los vapores metálicos perjudiciales claramente dentro de los niveles recomendados, mediante el empleo de un sistema eficaz de ventilación local por extracción.

### **6.2.1 INSTALACIONES Y MÉTODOS REQUERIDOS PARA EVACUACIÓN**

Los humos, gases y partículas de soldadura se pueden eliminar por medio de ventilación local por extracción. Esto puede hacerse confinando parcialmente el proceso o instalando campanas que produzcan una corriente de aire de suficiente velocidad a través del lugar de soldadura para asegurar la captura de los humos.

La extracción localizada efectúa la captación de los contaminantes por aspiración lo más cerca posible de su punto de emisión, evitando así su difusión al ambiente y eliminando por tanto la posibilidad de que sean inhalados. Estos sistemas se basan en crear en la proximidad del foco de emisión una corriente de aire que arrastre los humos generados, eliminando de esta forma la contaminación en la zona respiratoria del soldador.



**Figura 6.1: Extracción localizada en procesos de soldadura (individual)**



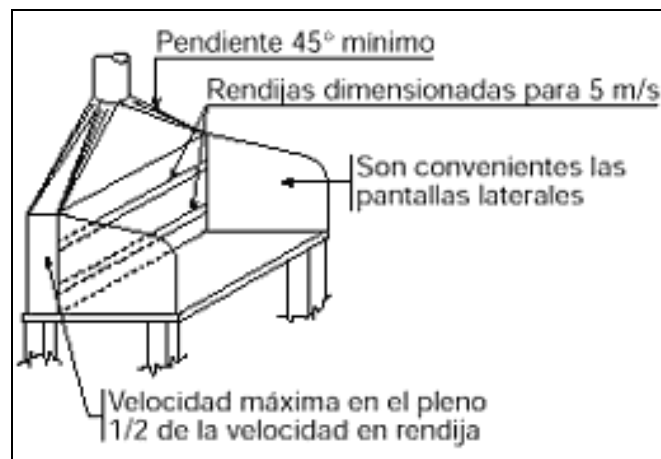
**Figura 6.2: Extracción localizada en procesos de soldadura (múltiple)**

En los sistemas de extracción localizada, es posible encontrar una velocidad de arrastre, suficiente para lograr una captación adecuada y que sea compatible con las exigencias de calidad de las operaciones de soldadura.

Cuando el sistema dispone de filtro de humos, la descarga del aire aspirado puede efectuarse en la propia nave de trabajo lográndose, además de la separación del contaminante, un considerable ahorro energético en el tratamiento del aire de reposición del aire extraído.



Existen sistemas de ventilación fijos y móviles. Cuando el puesto de soldadura es fijo, es decir, no es necesario que el soldador se desplace durante su trabajo, se puede conseguir una captación eficaz de los gases y humos de soldadura, mediante una mesa con extracción a través de rendijas en la parte posterior.

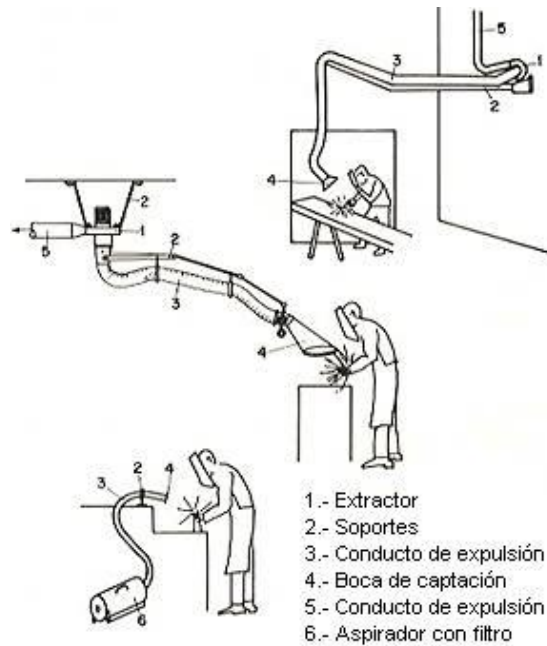


**Figura 6.3: Sistema de ventilación fijo**

Fuente: Centro De Investigación Y Asistencia Técnica – Barcelona Soldadura, Prevención de Riesgos Higiénicos

El caudal de aspiración recomendado para este tipo de mesa es de 2000 m<sup>3</sup>/h por metro de longitud de la mesa. La velocidad del aire en las rendijas debe ser como mínimo de 5 m/s. La eficacia disminuye mucho si la anchura de la mesa rebasa los 60 - 70 cm. La colocación de pantallas en los extremos de la mesa, en la forma que se indica en la figura 6.3, mejora la eficacia de extracción.

Los puestos móviles de ventilación son útiles cuando es preciso desplazarse durante el trabajo, por ejemplo al soldar piezas de gran tamaño, no es posible el empleo de mesas de soldadura, por lo que hay que recurrir al uso de pequeñas bocas de aspiración desplazables.



**Figura 6.4: Sistemas de ventilación móviles**

Fuente: Centro De Investigación Y Asistencia Técnica – Barcelona Soldadura, Prevención de Riesgos Higiénicos

El caudal de aspiración necesario en este caso depende en gran medida de la distancia entre la boca de aspiración y el punto de soldadura. Los valores normalmente empleados se reflejan en la tabla 6.2 siguiente:

**Tabla 6.2: Caudal De Aspiración Vs. Distancia Del Punto de Soldadura**

<b>Caudal [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Distancia [m]</b>
200	0.1
750	0.2
1650	0.3
3000	0.4
4500	0.5

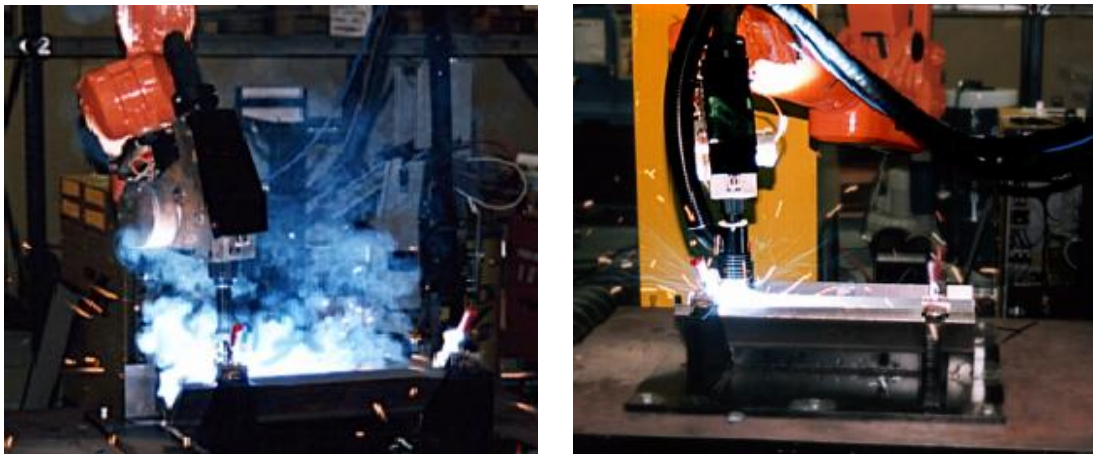
Fuente: Centro De Investigación Y Asistencia Técnica – Barcelona Soldadura, Prevención de Riesgos Higiénicos

Debe tenerse en cuenta que la velocidad de la corriente de aire creada por una campana de aspiración en el punto de soldadura, disminuye rápidamente al aumentar la distancia entre la boca de aspiración y el punto de soldadura; por lo tanto, es importante que esta distancia no sea superior a la prevista en el cálculo del caudal, a fin de mantener la eficacia del sistema.

Dependiendo del tipo de aplicación, los sistemas para extracción de gases, partículas, humo, entre otros, puede clasificarse también como:

- Sistemas de alto vacío
- Sistemas de bajo vacío

Ambos son aptos para aplicaciones de soldadura, como se muestra en las figuras 6.5 y 6.6.



**Figura 6.5: Extracción localizada de alto vacío en robots de soldadura**



**Figura 6.6: Extracción localizada de bajo vacío en soldadura**

Además, los sistemas de extracción pueden ser centralizados, es decir que cuenten con  $n$  brazos de extracción con un solo filtro y sistema de aspiración, como se muestra en la figura 6.7.



**Figura 6.7 Concepto de Instalación Centralizada**

Se prestará especial atención a la ventilación cuando se suelden metales no férreos y ciertos aceros aleados, así como a la protección frente al riesgo de formación de ozono, monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno. En general, el aire extraído no debe reciclarse. Solo se reciclará si no hay niveles peligrosos de ozono u otros gases tóxicos y el aire extraído se hace pasar por un filtro de alta eficacia.

Otro aspecto muy importante que debe considerarse es la distribución física del espacio que va a ser utilizado para el soldeo, ya que si no se toma en cuenta este parámetro puede provocarse un ambiente confinado que puede entrañar el riesgo de que la atmósfera sea explosiva, tóxica, deficitaria en oxígeno o presente distintas combinaciones de estas deficiencias. La ventilación de los espacios confinados es vital ya que la soldadura con gas, además de producir contaminantes atmosféricos, consume oxígeno.

## 6.2.2 NIVEL DE NOCIVIDAD

Los límites permisibles ponderados y temporales para las concentraciones ambientales de los gases y humos de soldadura, serán los siguientes:

**Tabla 6.3: Límites permisibles para concentraciones de gases, humos y Partículas de soldadura**

Sustancia	Límite permisible ponderado		Límite permisible temporal	Observaciones
	[ppm]	[mg/m <sup>3</sup> ]	[mg/m <sup>3</sup> ]	
Humos de soldadura		4		
Asbesto	0,1 fibras/cc			
Cadmio		0.04		A.2 – (3)
Cobre – Humos		0.16		
Cobre – Polvo y nieblas		0.8		
Estaño – Metal y comp. Inorgánicos		1.6		
Estaño – comp. Orgánicos		0.08	0.2	Piel
Fluoruros		2		
Humos de soldadura al arco eléctrico		4		(5)
Manganeso–Humos		0.8	3	
Manganeso – Polvo y compuestos		4		
Mercurio – Comp. Alquílicos		0.008	0.03	Piel
Mercurio – Comp. Arílicos		0.08		Piel
Molibdeno - Comp. insol. (Exp. como Mo)		8		
Molibdeno - Comp. Solubles (Exp. como Mo)		4		
Monóxido de Carbono	40	46		
Níquel, metal y comp. insol (Expresado como Ni)		0.8		A.1
Níquel, compuestos solubles (Expresado como Ni)		0.08		A.4
Oxido nítrico	20	25		
Ozono	0.08	0.16		
Plomo - Polvo y Humos inorgánicos (exp. como Pb)		0.12		A.3
Plomo, Cromato de (expresado como Cr)		0.01		A.2
Plomo Tetraetilico (expr. como Pb)		0.08		Piel
Plomo Tetrametilico (expr. Como Pb)		0.12		Piel
Sílice amorfa - humos metalúrgicos		0.16		(4)
Vanadio (Polvo y humos Exp. V2 O5 )		0.04		
Zinc, Cloruro de – Humos		0.8	2	
Zinc, Oxido de – Humos		4	10	

Fuente: Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias Y Ambientales Básicas En Los Lugares De Trabajo. Decreto N° 594, De 1999, Gobierno de Chile

Las sustancias de la tabla 6.3 que llevan calificativo “Piel” son aquellas que pueden ser absorbidas a través de la piel humana. Con ellas deberán adoptarse todas las medidas necesarias para impedir el contacto con la piel de los trabajadores y se extremarán las medidas de protección y de higiene personal.

Las sustancias calificadas como “A.1” son comprobadamente cancerígenas para el ser humano y aquellas calificadas como “A.2” son sospechosas de ser cancerígenas para éstos, por lo cual en ambos casos se deberán extremar las medidas de protección y de higiene personal frente a ellas.

Respecto de aquellas calificadas como “A.3”, no se ha demostrado que sean cancerígenas para seres humanos pero sí lo son para animales de laboratorio y las designadas como “A.4” se encuentran en estudio pero no se dispone aún de información válida que permita clasificarlas como cancerígenas para el ser humano o para animales de laboratorio, por lo que la exposición de los trabajadores a ambos tipos de ellas deberá ser mantenida en el nivel lo más bajo posible.

(3) = Polvo total exento de asbesto y con menos de 1 % de sílice cristalizada libre; (4) = Fracción respirable ;(5) = Solamente en ausencia de elementos tóxicos en el metal base y los electrodos y en condiciones en que no haya acumulación o producción de gases tóxicos

### **6.3 RESIDUOS SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

Los residuos sólidos que se generan de los procesos de soldadura son de tipo metálico como virutas, residuos de soldadura (colillas de electrodos, residuos de varillas o pedazos de alambre) y residuos de material base que ha sido ensayado, entre los más importantes. Además, existen otro tipo de residuos como lo son los envases de materia prima, pinturas, químicos, grasas, lubricantes, etc.

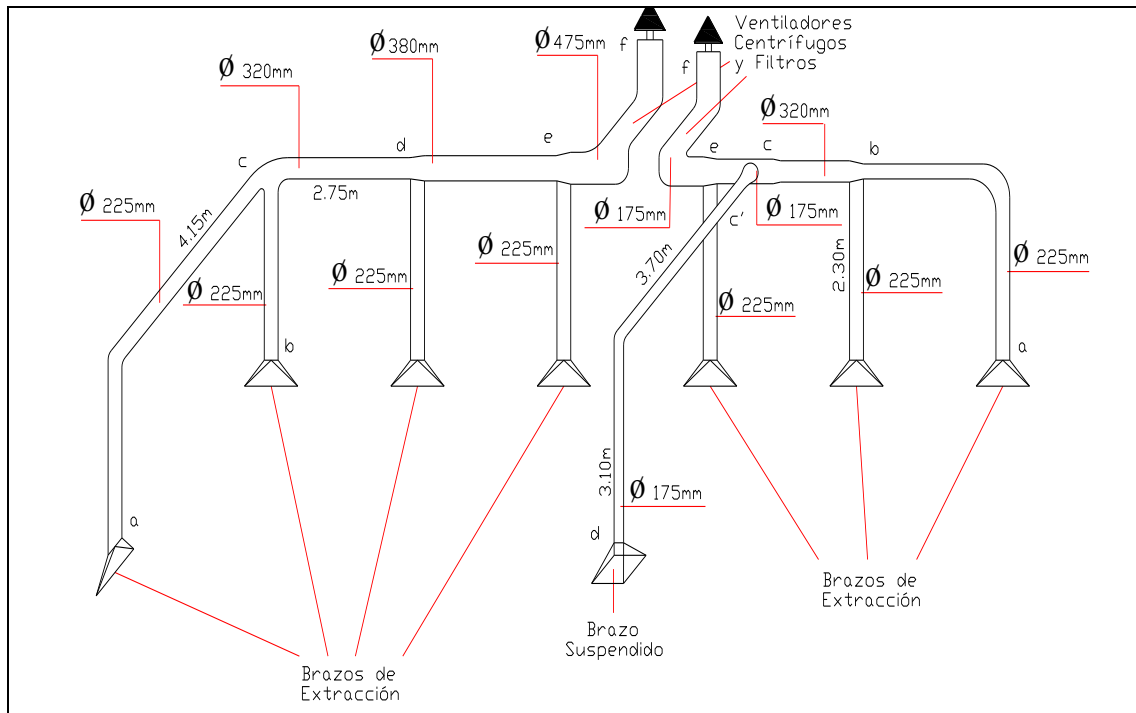
Para reducir el impacto que generan tanto los residuos propios de los procesos de soldadura como los residuos de insumos, éstos deben ser reciclados en fundiciones o bien depositados en vertederos.

## **6.4 PROPUESTA PARA REDUCIR EL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

### **RESPECTO AL TRATAMIENTO DE GASES**

Para prevenir problemas de asfixia, explosión o toxicidad en espacios confinados, obtener buena ventilación y reducir el impacto ambiental en los seres humanos es necesario contar con una altura apropiada en el sector de trabajo. Para el Centro de Servicios en Soldadura se ha considerado pertinente establecer una altura aproximada de construcción de 5 metros, además la instalación de tres ventiladores industriales cerca de los módulos de trabajo para mejorar la recirculación de aire.

El objetivo principal de esta propuesta es preservar la salud del alumno, operario y/o soldador. Por este motivo se ha considerado la instalación de un sistema localizado múltiple para extracción de gases, con brazos móviles para ubicados en cada módulo de trabajo. Además brazo suspendido localizado sobre una de las mesas de trabajo con el fin de eliminar partículas metálicas, polvo u otros agentes generados el momento de preparar probetas o juntas para soldadura. Ver figura 6.8.



**Figura 6.8: Sistema de Captación Múltiple Localizada para el Centro de Servicios en Soldadura**

Además, para reducir el impacto en el medio ambiente se colocará un filtro de alta eficacia a la salida de cada conducto con el fin de atrapar las partículas que se producen en los procesos de suelta y evitar que se dispersen directamente en el ambiente.

Las necesidades de evacuación en cada brazo de extracción ubicado a 30 centímetros del área de trabajo es igual a  $1650 \text{ m}^3/\text{h}$ , de acuerdo a la tabla 6.2. Para el sistema localizado múltiple de extracción de gases el caudal necesario de evacuación será:

$$Q_m = 7 \text{ brazos de extracción} \times 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 11550 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_s = 1 \text{ brazo suspendido} \times 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 1650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_T = 13200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal de evacuación en los módulos de trabajo

$Q_s$  = Caudal de evacuación en la mesa de trabajo

$Q_T$  = Caudal total a evacuar



Debido a que el requerimiento de caudal a evacuar es muy grande, se ha dividido la instalación en dos sectores A y B. Entonces:

**Para sector A:**

$$Q_A = 4 \text{ brazos de extracción} \times 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 6600 \text{ m}^3/\text{h} = 1.83 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Para sector B:**

$$Q_B = (3 \text{ brazos de extracción} + 1 \text{ brazo suspendido}) \times 1650 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_B = 6600 \text{ m}^3/\text{h} = 1,83 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

$Q_A$  = Caudal de evacuación en el sector A

$Q_B$  = Caudal de evacuación en el sector B

De acuerdo a recomendaciones para instalaciones de este tipo la velocidad de circulación del aire por los conductos debe ser de 5 a 15 m/s, para esta aplicación la velocidad de trabajo es de 13 m/s

.Para determinar el diámetro de los conductos se emplea la figura 19.3 (Pérdidas por fricción en ductos SI), del texto Mecánica de Fluidos Aplicada, Robert Mott.

**Para Sector A:**

$$\text{Tramo ac} = 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{ac} = 225 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo bc} = 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{bc} = 225 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo cd} = 3300 \text{ m}^3/\text{h} = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{cd} = 320 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo de} = 4950 \text{ m}^3/\text{h} = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{de} = 380 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo ef} = 6600 \text{ m}^3/\text{h} = 1.83 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{ef} = 475 \text{ mm}$$

**Para Sector B:**

$$\text{Tramo ab} = 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{ab} = 225 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo bc} = 3300 \text{ m}^3/\text{h} = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{bc} = 320 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo dc}' = 1650 \text{ m}^3/\text{h} = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{dc}' = 175 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo cc'e} = 4950 \text{ m}^3/\text{h} = 1.38 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{cc'e} = 370 \text{ mm}$$

$$\text{Tramo ef} = 6600 \text{ m}^3/\text{h} = 1.83 \text{ m}^3/\text{s}; \varnothing_{ef} = 440 \text{ mm}$$

Para poder elegir el ventilador adecuado, es necesario determinar la pérdida de carga que se genera en la instalación por los diferentes accidentes de la misma: campanas, curvas, reducciones, injertos, salida, etc. Para minimizar los cálculos se considero que la pérdida de carga es equivalente a un 30% del caudal a evacuar. Por tanto:

$$\text{Ventilador A} = 6600 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.25 = 8580 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Ventilador B} = 6600 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.25 = 8580 \text{ m}^3/\text{h}$$

En el mercado se puede encontrar ventiladores centrífugos útiles para el sistema con las siguientes características técnicas:

Velocidad = 1445rpm

Potencia máxima absorbida = 5.5 kW

Caudal máximo = 9450 m<sup>3</sup>/h

## **RESPECTO A LOS RESIDUOS QUE GENERAN LOS PROCESOS DE SOLDADURA**

En lo que respecta a residuos sólidos se propone clasificar los residuos en dos grupos, los que son susceptibles a reciclaje y los que no. Aquellos que pueden ser reciclados como por ejemplo los residuos de material base, enviarlos a cubilotes para ser fundidos y reutilizados en otra aplicación.

Para almacenar estos desperdicios se utilizará un sector de la Bodega de Materiales destinado para este fin y una vez que existe un volumen considerable enviarlos para ser reciclados.

Lo importante es clasificar todos los desperdicios para poder reciclarlos por separado, ya sean plásticos, cerámicos, metálicos u orgánicos. Así se disminuye el impacto ambiental que generan los procesos de soldadura, y se logra un equilibrio entre la naturaleza y los procesos industriales.

# CAPITULO 7: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

## 7.1 ESPECIFICACIÓN DE ACTIVIDADES

Dentro de las actividades necesarias para la implementación del proyecto están las que se listan a continuación, estas actividades están descritas asumiendo que el proyecto este aprobado para su ejecución por parte del inversionista (ESPE).

- Constitución legal del Centro de Soldadura
- Plan de Marketing y ventas
- Organización de operación y ejecución
- Misión, visión y objetivos
- Contratación personal Técnico
- Capacitación personal Técnico
- Permisos de funcionamiento e importación de equipos END
- Adquisición de códigos y normas
- Construcción de obras
  - o Compra de materiales
  - o Limpieza y nivelación del terreno
  - o Excavación y construcción de cimientos
  - o Relleno, compactado y empedrado del contrapiso
  - o Instalaciones de agua potable y desagües
  - o Fundición de contrapiso y masillado
  - o Armado de estructuras y fundición de columnas y cadenas
  - o Mampostería
  - o Armado de estructura de la loza
  - o Instalación de sistema eléctrico
  - o Fundición de loza
  - o Colocación de puertas y ventanas
  - o Enlucidos de paredes y piso
  - o Acometidas de agua potable y energía eléctrica

- Acabados: baterías sanitarias, cableado eléctrico interno, pegado de piso, colocación de vidrio, pintura
- Desalojo de escombros
- Adquisición de maquinaria y herramientas de taller
  - Evaluación de precios de proveedores
  - Transporte
  - Instalación
- Adquisición de mobiliario y equipo de oficina
  - Evaluación de precios de proveedores
  - Transporte
  - Instalación
- Contratación de personal de apoyo
- Designación de tareas
- Capacitación a personal de apoyo
- Prueba piloto de los Servicios de soldadura

## **7.2 ESTUDIO DE TIEMPOS Y RUTA CRÍTICA**

La ruta crítica (CPM, por sus siglas en inglés Critic Path Method) se puede realizar mediante programas computacionales (Project), especificando las fechas de inicio y terminación de cada actividad. El resultado final es clasificar las actividades de los proyectos como críticas o no críticas. Se dice que una actividad es crítica sin una demora en su comienzo causara una demora en la fecha de terminación del proyecto completo. Una actividad no crítica es tal que el tiempo entre su comienzo de inicio mas próximo y de terminación mas tardío (como lo permita el proyecto) es mas grande que su duración real. En este caso. Se dice que la actividad no crítica tiene un tiempo de holgura.

El camino crítico es una secuencia de tareas dependientes en un proyecto que conforma la suma mayor de las duraciones estimadas.

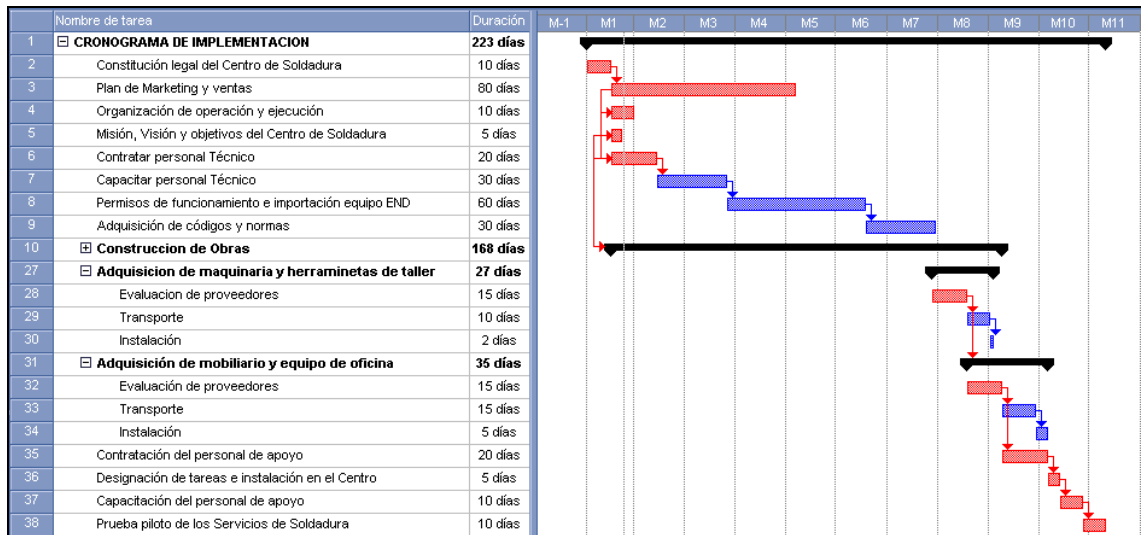


Figura 7.1: Ruta crítica de la ejecución del proyecto (Barras rojas)

Tabla 7.1: Cronograma de desembolsos

CRONOGRAMA DE DESMBOLSOS									
	DESCRIPCION ACTIVIDAD	RUBRO USD	M1	M2	M3	M6	M7	M8	M9
A	Constitución legal del Centro de Soldadura	510,00	510,00						
B	Plan de Marketing, ventas y publicidad	1500,00	500,00	500,00	500,00				
C	Organización de operación y ejecución								
D	Misión, Visión y objetivos del Centro de Soldadura								
E	Contratar personal Técnico								
F	Capacitar personal Técnico	5540,00		2500,00	3040,00				
G	Permisos de funcionamiento equipo END	659,00			659,00				
H	Adquisición de códigos y normas	4986,00				4968,00			
I	Construcción de Obras Físicas	58467,89	15000,00		15000,00	20000,00		8467,89	
J	Adquisición de maquinaria y herramientas de taller	52929,90					25000,00	27929,90	
K	Adquisición de mobiliario y equipo de oficina	6949,63						3000,00	3949,63
L	Contratación del personal de apoyo								
M	Designación de tareas e instalación en el Centro								
N	Capacitación del personal de apoyo								
O	Prueba piloto de los Servicios de Soldadura								
	<b>TOTAL DESMBOLSOS (USD)</b>	<b>131542,42</b>	<b>16010,00</b>	<b>3000,00</b>	<b>19199,00</b>	<b>24968,00</b>	<b>25000,00</b>	<b>39397,79</b>	<b>3949,63</b>

### 7.3 DIAGRAMA DE GANTT

Es un diagrama o gráfica de barras que se usa cuando es necesario representar la ejecución de un proyecto, ésta muestra la ocurrencia de actividades en paralelo o en serie en un determinado período de tiempo. Tienen por objeto controlar la ejecución simultánea de varias actividades que se realizan coordinadamente.

Un gráfico de Gantt es un sencillo gráfico de barras. Cada barra simboliza una tarea del proyecto. En donde el eje horizontal representa el tiempo. Como estos gráficos se emplean para encadenar tareas entre sí, el eje horizontal podría incluir fechas. Verticalmente, y en la columna izquierda, se ofrece una relación de las tareas.

El diagrama de Gantt para la implementación del presente proyecto se puede ver en el ANEXO X

## CAPITULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

- El proyecto es factible para su ejecución ya que existe demanda de los servicios que se pretenden ofertar en el Centro de Soldadura.
- Para los procesos de soldadura de mayor demanda (SMAW, GMAW, GTAW, FCAW y corte oxiacetilénico) se dictarán cursos de capacitación. Además, se ofertarán los servicios de calificación de soldadores, procedimientos y consumibles de acuerdo a los códigos ASME, API y AWS, como también los servicios de END.
- El tamaño del Centro de Soldadura debe ser de 396 m<sup>2</sup>, dividido en tres áreas: técnica, administrativa y ventas. El área técnica se divide a su vez en talleres de soldadura, aula de capacitación y laboratorios de ensayos no destructivos. Los talleres de soldadura contarán con siete módulos de trabajo, cinco equipos de soldadura, dos bodegas y espacios generales de trabajo. Los laboratorios de ensayos de no destructivos están divididos en tres laboratorios: gammagrafía, ultrasonido y partículas magnéticas. Las áreas, administrativa y ventas funcionarán en las mismas instalaciones.
- Básicamente se contará con un inspector de soldadura calificado, un inspector de ensayos no destructivos, un soldador calificado, dos bodegueros/ayudantes, una secretaria y una persona para ventas.
- Los indicadores obtenidos en el estudio financiero y económico cumplen con los criterios de evaluación para proyectos ( $VAN \geq 0$ ;  $TIR > TMAR$ ;  $RBC \geq 1$ ), así:  $VAN = 3493.87$ ;  $TMAR = 15\%$ ;  $TIR = 16\%$  y  $RBC = 1.19$ , para un período de 10 años y con una inversión inicial de 131542,42USD, misma que se recuperará en 5,128 años.
- Para reducir el impacto ambiental se propone la implementación de un sistema de extracción localizada de gases, humos y partículas, que contará con filtros de alta eficacia y ventiladores centrífugos. En cuanto a residuos sólidos se propone clasificarlos y reciclarlos por separado.
- La implementación del Centro de Soldadura de acuerdo a las actividades programadas se realizará en un período de 11 meses.

## 8.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un plan de marketing y ventas con una estrategia de captación del 40% de la demanda total de los servicios que se ofrecen en el Centro de Soldadura.
- Diversificar los servicios que actualmente se proyectan, para así asegurar su permanencia en el mercado con el paso del tiempo.
- Considerar un espacio físico para la ubicación del Centro de Soldadura que pueda ampliarse fácilmente a medida que la producción se incremente o que los servicios se diversifiquen.
- Realizar un convenio con los proveedores y las empresas que realizan los servicios de ensayos que se contratan a fin de disminuir los costos de producción.
- Ejecutar un tratamiento de los gases emitidos en los procesos de soldadura mediante la instalación de un catalizador en la salida de los ductos de extracción de gases, para así eliminar al máximo los efectos de éstos en el medio ambiente.
- Realizar los desembolsos para la ejecución del proyecto a tiempo, con el fin de evitar retrasos en este proceso. La implementación debe estar a cargo de personal relacionado con el proyecto.
- Dar autonomía al Centro de Servicios en Soldadura con respecto al funcionamiento general de la ESPE, para así obtener mayor eficiencia en el proceso de atención y respuesta al cliente evitando molestos trámites burocráticos.
- Profundizar el estudio de los procesos y estudiar la inspección y END relacionados con la soldadura en las asignaturas dictadas por la FIME.







# ANEXOS



## **ANEXO I: ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS EN LAS SOLDADURAS**

En las siguientes imágenes podemos ver algunos de los ensayos no destructivos utilizados para determinar varios de los defectos que se han producido en diversas juntas soldadas en el puente de la carretera Ambato – Baños (entrada a Baños) que estaba en reparación.



**Vista puente de baños. Enero 2005**



**Desalineamiento de las capas del puente, sostenidas por una estructura que estaba cediendo. Enero 2005**



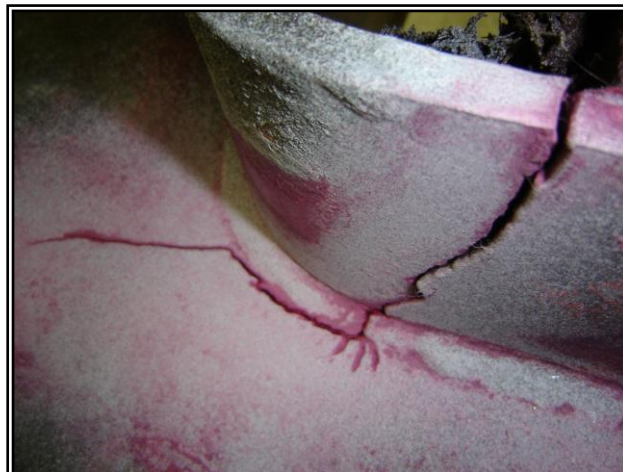
**Tintas penetrantes con revelador sensible a la luz ordinaria**



**Grietas en el material base, inspección visual**



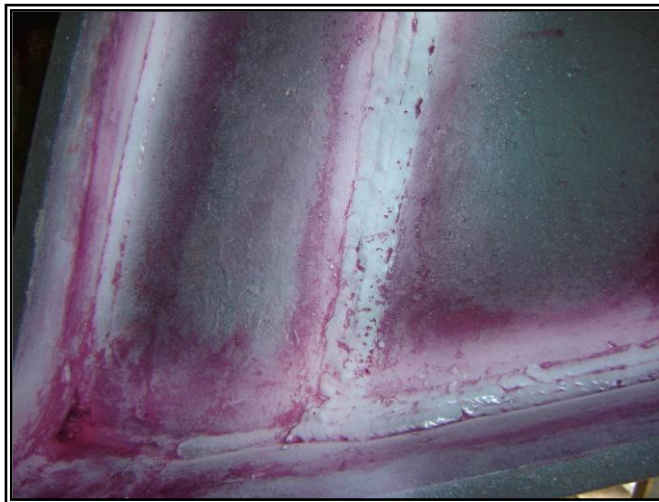
**Limpieza del conjunto soldado para aplicar tintas penetrantes y verificar si existen defectos en los cordones de suelda**



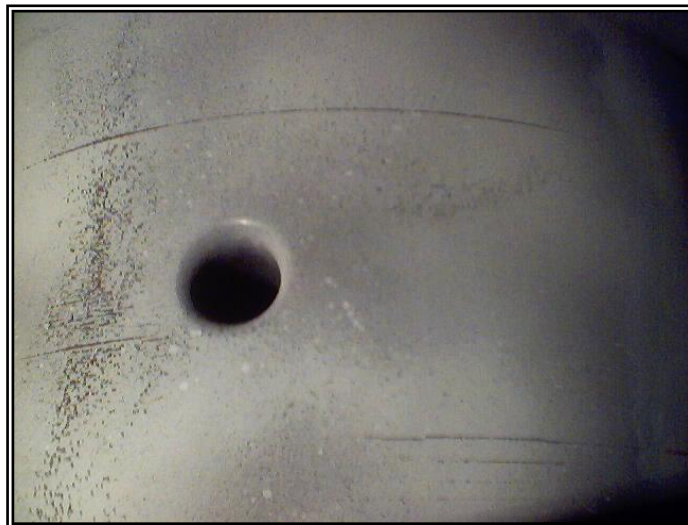
**Agrietamiento del metal base y de soldadura, revelado por tintas penetrantes**



**Continuación de una grieta en el material base que se trató de tapar con cordones de soldadura**



**Gran cantidad de porosidades en los cordones de soldadura, revelado con tintas penetrantes**



**Localización de defectos con partículas magnéticas**

## **ANEXO II: ENCUESTA REALIZADA PARA EL ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE MERCADO.**

### **ENCUESTA SOLDADURA-FIME-OFICIO 293**

La siguiente encuesta, tiene como objetivo principal, obtener información necesaria y pertinente referente a los procesos de soldadura en la Industria Ecuatoriana.

Instrucciones.- En las preguntas de selección múltiple existen casillas de verificación que para ser activados se requiere hacer un CLICK con el Mouse sobre éstas. Los campos con bordes intermitentes sirven para ingresar información específica por parte del encuestado. Los campos sombreados que contienen escritura, son listas desplegables donde al hacer un CLICK puede seleccionar una de las opciones.

A continuación, debe ingresar los datos de información de su empresa y responder la encuesta con la mayor seriedad posible. De antemano, le expresamos nuestro agradecimiento.

NOMBRE DE LA EMPRESA:

ACTIVIDAD PRODUCTIVA:

\*NOMBRE DEL RESPONSABLE:

CARGO EN LA EMPRESA:

DIRECCIÓN:

TELÉFONO:

EXTENSIÓN:

E-MAIL:

FECHA:

\*OPCIONAL

1. ¿Su Empresa utiliza procesos de soldadura dentro del Área de Producción y/o Mantenimiento?

Sí

No

En caso de que su respuesta sea afirmativa, continúe con la encuesta, de lo contrario agradecemos su colaboración y de igual manera esperamos se remita la respuesta.



2. En pocas palabras indique su opinión sobre el estado actual de la soldadura dentro de la industria ecuatoriana, con respecto a la calificación, certificación e inspección.

3. ¿En qué porcentaje se utiliza el proceso de soldadura y sus aplicaciones dentro de su empresa?

Escoja su respuesta: 0-10 %

4. ¿Qué procesos de soldadura son los que más se utiliza en su empresa? Dónde sea aplicable indique si estos procesos son: automáticos (A), semiautomáticos (SA) ó manuales (M). ¿Su empresa dispone o contrata estos procesos de soldadura?

<b>PROCESO</b>	<b>A</b>	<b>SA</b>	<b>M</b>	<b>Dispone</b>	<b>Contrata</b>
Soldadura con arco metálico y gas (GMAW - MIG/MAG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de arco de tungsteno y gas (GTAW / TIG)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de arco metálico protegido (SMAW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de arco con plasma (PAW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de arco con núcleo de fundente (FCAW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de arco sumergido (SAW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura oxiacetilénica (OAW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de costura por resistencia (RSEW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Soldadura de puntos por resistencia (RSW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Corte con oxiacetileno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Corte con plasma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>OTROS PROCESOS (Especifique)</b>	<b>A</b>	<b>SA</b>	<b>M</b>	<b>Dispone</b>	<b>Contrata</b>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. ¿Con que frecuencia su empresa requiere los siguientes servicios en soldadura?

<b>SERVICIOS DE SOLDADURA</b>	<b>Frecuencia/año</b>	<b>Dispone</b>	<b>Contrata</b>
Calificación de soldadores		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calificación de procedimientos (WPS)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Calificación y certificación de consumibles		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inspección con ensayos no destructivos (END)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inspección con ensayos destructivos (ED)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6. En qué aplicaciones utiliza los procesos de soldadura.**

- Recipientes a presión
- Tanques de Almacenamiento
- Estructuras Metálicas
- Tuberías de Oleoducto
- Elementos de Rotación (Ejes)
- Corte
- Mantenimiento en general
- Otros (Especifique)

**7. ¿Qué tipo de materiales base utiliza en los procesos de soldadura?**

- Aceros al carbono
- Aceros con bajos contenidos de aleación
- Aceros fundidos
- Hierro fundido
- Aceros Inoxidables
- Aceros Especiales
- Aluminio y sus aleaciones
- Cobre y sus aleaciones
- Níquel y sus aleaciones
- Magnesio y sus aleaciones
- Zinc y sus aleaciones
- Titanio y sus aleaciones
- Metales reactivos
- Metales refractarios
- Metales preciosos
- Otros (Especifique)

8. ¿Cuántos Kg. de material de aporte se utilizan para los procesos de producción anualmente?

Electrodos Kg.

Alambre Kg.

Varillas Kg.

9. ¿Qué tipos END utiliza para verificar la calidad de la soldadura?

- Inspección visual

- Partículas magnetizables

- Tintas penetrantes

- Radiografía

- Ultrasonido

- Dureza

- Otros (Especifique)

10. ¿Cuáles son los códigos o normas de soldadura con los que trabaja?

CODIGOS		<i>Indique los más importantes, según escoja. Ej: ASME IX, AWS D1.1, API 1104 ...</i>
ASME	<input type="checkbox"/>	
API	<input type="checkbox"/>	
AWS	<input type="checkbox"/>	
ASTM	<input type="checkbox"/>	
AWWA	<input type="checkbox"/>	
Otros (Especifique)		

11. ¿Cuenta con soldadores calificados en el área de Producción y/o Mantenimiento?

Sí  ¿Cuántos? 0

No

12. ¿Cuenta con inspectores de soldadura para calificar y certificar sus procesos de producción?

Sí  ¿Cuántos? 0

No



**ANEXO III: TRABAJOS REALIZADOS DE INSPECCIÓN Y CALIFICACIÓN DE SOLDADURA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE SOBRE EL RIO TENA PARA LA FÁBRICA DE MUNICIONES SANTA BÁRBARA.**

**Tabla 1: Calificación de procedimientos (WPS)**

<b>Welding Procedure Specification (WPS)</b>					
Inspector Superintendente: Ing. Jairo Becaria (CWI)					
<b>Fecha</b>	<b>Identificación</b>	<b>Norma</b>	<b>Proceso</b>	<b>Tipo</b>	<b>Observaciones</b>
01/12/2004	JAB.FSB.00P.101	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	PQR de soporte precalificado
01/12/2004	JAB.FSB.00P.102	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	
01/12/2004	JAB.FSB.00P.103	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	
01/12/2004	JAB.FSB.00P.104	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	
01/12/2004	JAB.FSB.00P.105	AWS D1.1:2002	SMAW	Manual	
01/12/2004	JAB.FSB.00P.106	AWS D1.1:2002	SMAW	Manual	
01/12/2004	JAB.FSB.00P.107	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	
01/12/2204	JAB.FSB.00P.108	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	
17/02/2005	JAB.FSB.00P.109	AWS D1.1:2002	FCAW	Semiautomático	

**Tabla 2: Calificación de soldadores (WPQ)**

<b>Welding Performance Qualification Record (WPQ)</b>						
Inspector Superintendente: Ing. Jairo Becaria (CWI)						
<b>Fecha</b>	<b>Identificación</b>	<b>Proceso</b>	<b>Tipo</b>	<b>Posición</b>	<b>Pruebas</b>	
					<b>Destructivas</b>	<b>END</b>
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S201	SMAW	Manual	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S202	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S203	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S204	SMAW	Manual	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S205	FCAW	Semiautomática			
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S206	FCAW	Semiautomática			
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S207	SMAW	Manual	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S208	SMAW	Manual	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S209	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S210	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S211	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S212	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S213	FCAW	Semiautomática	3G A	DR, DC	Visual
07/12/2004	JAB.FSB.001.101.S214	FCAW	Semiautomática			

3G A : Plana horizontal y vertical en placas y tubería (D.mayor a 600mm), ASCENDENTE  
 DR: Doblado de raíz  
 DC: Doblado de cara  
 Norma: AWS D1.1:2002

**Tabla 3: Ensayos no destructivos**

<b>Ensayos No Destructivos (END)</b>			
Inspector Superintendente: Ing. Jairo Becaria (CWI)			
<b>ELEMENTO</b>	<b>INSPECCIÓN</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>VISUAL</b>	<b>ULTRASÓNICA</b>	
FSB VT0	OK	xxx	
FSB VT1	OK	OK	
FSB VT2	OK	OK	Falta de penetración 18 cm de longitud
FSB VT3	OK	OK	
FSB VT4	OK	OK	
FSB VT5	OK	OK	Falta de penetración 3 cm de longitud Porosidad de 10 cm de longitud
FSB VT4'	OK	OK	
FSB VT3'	OK	OK	
FSB VT2'	OK	OK	Falta de fusión 8 cm de longitud
FSB VT1'	OK	OK	
FSB VT0'	OK	xxx	
FSB VRD1 0 - 1	OK	xxx	
FSB VRI 0 - 1	OK	xxx	
FSB VRI2 0 - 1	OK	xxx	
FSB VRD2 0 - 1	OK	xxx	
FSB VRF1 - AB	OK	xxx	
FSB VRF2 - AB	OK	xxx	
FSB VRI1 - AB	OK	xxx	
FSB VRI2 - AB	OK	xxx	
FSB VRF1 - BC	OK	xxx	
FSB VRF2 - BC	OK	xxx	
FSB VRI1 - B'C'	OK	xxx	
FSB VRI2 - B'C'	OK	xxx	
FSB I	OK	xxx	
FSB II	OK	xxx	
FSB III	OK	xxx	
FBS IV	OK	xxx	

**Fecha : 25 de enero del 2005**

**Tabla 4: Calificación de Consumibles. Electrodo marca HOWART**

<b>Calificación de Consumibles</b>					
Inspector Superintendente: Ing. Jairo Becaria (CWI)					
<b>FECHA</b>	<b>ELECTRODO</b>	<b>DISTRIBUIDOR</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>NORMA</b>	<b>PRUEBAS</b>
20/02/2005	E 81T1 - Ni2	INDURA	1.2 mm	AWS A 5.29 - 98	Radiografía
		Marca: HOWART			Tensión
					Impacto Charpy
					Composición Química

**Tabla 4: Demanda de Servicios de Soldadura de la FMSB en el año 2005, según los proyectos mas representativos realizados por esta empresa**

<b>PROYECTO</b>	<b>TON</b>	<b>SOLD</b>	<b>WPS</b>	<b>CONS</b>	<b>END</b>	<b>ED</b>
<i>Puente Río Tena</i>	180	14	9	1	50	16
<i>Puente Río Playas</i>	113	9	6	1	32	11
<i>EMAPA 1era etapa</i>	85	7	5	1	24	8
<i>EMAPA 2da etapa</i>	73	6	4	1	21	7
<i>Camas Bajas</i>	24	2	2	1	7	3
<b>TOTAL</b>		<b>38</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>134</b>	<b>45</b>

## ANEXO IV: CÁLCULO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS SERVICIOS DE SOLDADURA DEL CENTRO DE SERVICIOS

Las siguientes ecuaciones son utilizadas para calcular el costo en operaciones de soldadura. La base del cálculo es el metro lineal (ML)

$$\text{Electrodo} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{ML}} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{ML}} \right] \times \text{Valor}_{\text{electrodo}} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{Kg}} \right]}{\text{Eficiencia}_{\text{Deposición}} [\%]}$$

$$\text{MO}_{\text{Gastos}} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{ML}} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{ML}} \right] \times \text{MO}_{\text{Gastos}} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{hr}} \right]}{\text{Velocidad}_{\text{Deposición}} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right] \times \text{Factor}_{\text{Operación}} [\%]}$$

$$\text{Gas} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{ML}} \right] = \frac{Pmd \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{ML}} \right] \times \text{Flujo}_{\text{Gas}} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right] \times \text{Valor}_{\text{gas}} \left[ \frac{\text{USD}}{\text{m}^3} \right]}{\text{Velocidad}_{\text{Deposición}} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right]}$$

$$Pmd \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{ML}} \right] = \text{Area}_{\text{sec cional}} \times \text{Longitud} \times \text{Densidad}_{\text{aporte}}$$

$$Pmd = \text{Peso}_{\text{Metal}_{\text{Depositado}}}$$

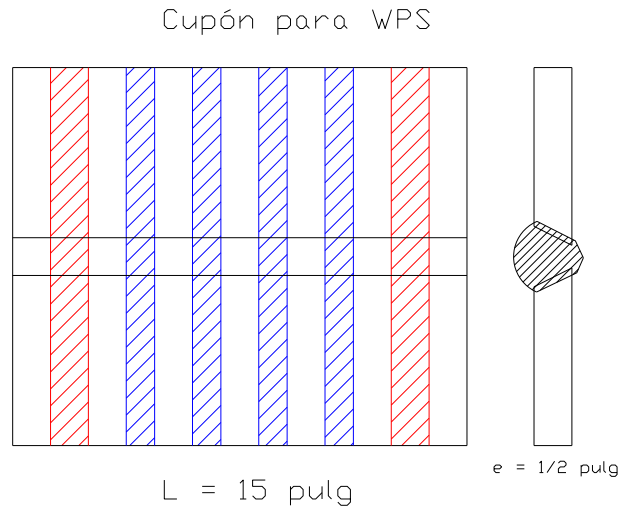
Los valores de factores que influyen en el cálculo, como la eficiencia de deposición, factor de operación, velocidad deposición y densidad de aporte están tomados de las tablas desarrolladas en el manual de soldadura INDURA, en la sección de Costos de Operación de Soldadura

### COSTOS DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS:

- Proceso MIG
- Gas de protección Argón
- 4 probetas para doblados y 2 para tracción
- Diámetro metal de aporte 1.2 mm
- Acero e = ½ pulg, 280.65 Kg / plancha
- Radiografía Industrial



- En la Mano de Obra y Gastos Generales (GG) se considera la mano de obra directa (soldador y ayudantes) y mano de obra indirecta (inspector de soldadura). Además se considera como GG la depreciación de la maquinaria y el equipo.



**Tabla 1: Parámetros de evaluación para calcular los costos de WPS**

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	VALOR
Costo MOD [USD/H] SOLDADOR	4,06
Costo MOD [USD/H] AYUDANTE	1,63
Costo MOI [USD/H] INSPECCIÓN DE SOLDADURA	9,75
Costo MOI [USD/H] END	9,75
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55
ELECTRODO [USD/KG]	2,65
GASES [USD/M3]	26,12
LONGITUD [MM]	381,00
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN [KG/H]	2,80
KW HORA	5,54
EFICIENCIA DEPOSICIÓN [%] MIG	0,85
PESO METAL DEPOSITADO [KG/ML]	1,17
FACTOR DE OPERACIÓN	0,35
FLUJO DE GAS [M3/H]	1,00
DEPRECIACIÓN EQUIPO [USD/H]	0,21

**Tabla 2: Costos de operación para realizar una WPS**

<b>COSTOS EN OPERACIÓN PARA WPSs</b>		
<b>COSTO</b>	<b>VALOR/UNIDAD</b>	<b>[USD]</b>
ELECTRODO [USD/ML]	3,65	1,39
MO Y GG [USD/ML]	18,69	7,12
MO [USD] DESPUÉS P. SUELDA	55,25	55,25
TRANSPORTE [USD]	0,00	0,00
GASES [USD/ML]	10,91	4,16
METAL BASE [USD/KG]	1,13	17,83
ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55	1,11
PREPARACIÓN DE PROBETAS	12,00	72,00
RADIOGRAFÍA [USD/ML]	40,00	15,24
DOBLADOS [USD/PROBETA]	12,00	48,00
E. TRACCIÓN [USD/PROBETA]	12,00	24,00
<b>TOTAL</b>		<b>246,10</b>
<b>UTILIDAD 175%</b>		<b>430,67</b>
<b>PRECIO</b>		<b>676,77</b>

**Tabla 3: Costos de materia prima para realizar una WPS**

<b>COSTO DE MATERIA PRIMA PARA WPSs</b>	
ELECTRODO	1,39
GASES	4,16
METAL BASE	17,83
<b>TOTAL MATERIA PRIMA</b>	<b>23,38</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>9,50</b>

**Tabla 4: Costos de servicios contratados para realizar una WPS**

<b>COSTO SERV. CONTRATADOS PARA WPSs</b>	
DOBLADOS	48,00
E. TRACCIÓN	24,00
PREPARACIÓN DE PROBETAS	72,00
<b>TOTAL</b>	<b>144,00</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>58,51</b>

## **COSTOS DE CALIFICACION DE SOLDADORES**

- Proceso MIG
- Gas de protección Argón
- 2 probetas para doblados
- Diámetro metal de aporte 1.2 mm
- Calificación con doblados y radiografía y únicamente con doblados
- En la Mano de Obra y Gastos Generales (GG) se considera la mano de obra directa (ayudante) y mano de obra indirecta (inspector de soldadura). Además se considera como GG la depreciación de la maquinaria y el equipo.

Cupón para WPQ

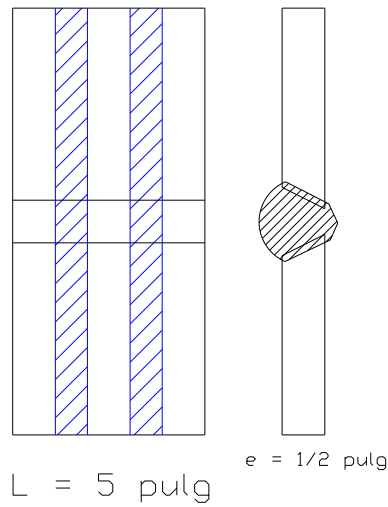


Tabla 5: Parámetros de evaluación para calcular los costos de WPQ

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	VALOR
Costo MOD [USD/H] AYUDANTE	1,63
Costo MOI [USD/H] INSPECCIÓN DE SOLDADURA	9,75
Costo MOI [USD/H] END	9,75
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55
ELECTRODO [USD/KG]	2,65
GASES [USD/M3]	26,12
LONGITUD [MM]	127,00
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN [KG/H]	2,80
KW HORA	5,54
EFICIENCIA DEPOSICIÓN [%] MIG	0,85
PESO METAL DEPOSITADO [KG/ML]	1,17
FACTOR DE OPERACIÓN	0,35
FLUJO DE GAS [M3/H]	1,00
DEPRECIACIÓN EQUIPO [USD/H]	0,21

Tabla 6: Costos de operación para realizar una WPQ con radiografía y doblados

COSTOS EN OPERACIÓN PARA WPQs (I)		
COSTO	VALOR/UNIDAD	[USD]
ELECTRODO [USD/ML]	3,65	0,46
MO Y GG [USD/ML]	13,84	1,76
MO [USD] DESPUÉS P. SUELDA	35,75	35,75
TRANSPORTE [USD]	0,00	0,00
GASES [USD/ML]	10,91	1,39
METAL BASE [USD/KG]	1,13	3,97
ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55	0,55
PREPARACIÓN DE PROBETAS	12,00	24,00
RADIOGRAFÍA [USD/ML]	40,00	5,08
DOBLADOS [USD/PROBETA]	12,00	24,00
<b>TOTAL</b>		<b>96,96</b>
<b>UTILIDAD 90%</b>		<b>87,26</b>
<b>PRECIO</b>		<b>184,22</b>

**Tabla 7: Costos de materia prima para realizar una WPQ con radiografía y doblados**

<b>COSTO MATERIA PRIMA PARA WPQs (I)</b>	
ELECTRODO	0,46
GASES	1,39
METAL BASE	3,97
<b>TOTAL MATERIA PRIMA</b>	<b>5,82</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>6,00</b>

**Tabla 8: Costos de servicios contratados para realizar una WPQ con radiografía y doblados**

<b>COSTO SERV. CONTRATADOS PARA WPQs (I)</b>	
DOBLADOS	24,00
PREPARACIÓN DE PROBETAS	24,00
<b>TOTAL</b>	<b>48,00</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>49,51</b>

**Tabla 9: Costos de operación para realizar una WPQ con doblados**

<b>COSTOS EN OPERACIÓN PARA WPQs (II)</b>		
<b>COSTO</b>	<b>VALOR/UNIDAD</b>	<b>[USD]</b>
ELECTRODO [USD/ML]	3,65	0,46
MO Y GG [USD/ML]	13,84	1,76
MO [USD] DESPUÉS P. SUELDA	22,75	22,75
GASES [USD/ML]	10,91	1,39
METAL BASE [USD/KG]	1,13	3,97
ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55	0,55
PREPARACIÓN DE PROBETAS	12,00	24,00
DOBLADOS [USD/PROBETA]	12,00	24,00
<b>TOTAL</b>		<b>78,88</b>
<b>UTILIDAD 90%</b>		<b>70,99</b>
<b>PRECIO</b>		<b>149,87</b>

**Tabla 10: Costos de materia prima para realizar una WPQ con doblados**

<b>COSTO MATERIA PRIMA PARA WPQs (II)</b>	
ELECTRODO	0,46
GASES	1,39
METAL BASE	3,97
<b>TOTAL MATERIA PRIMA</b>	<b>5,82</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>7,37</b>

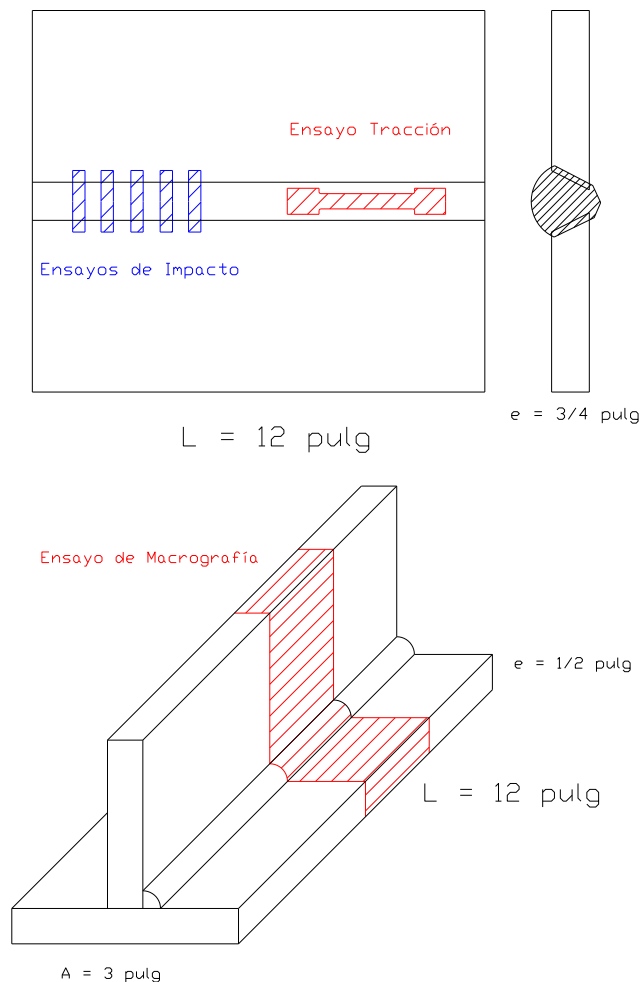
**Tabla 11: Costos de servicios contratados para realizar una WPQ con doblados**

<b>COSTO SERV. CONTRATADOS PARA WPQs (II)</b>	
DOBLADOS	24,00
PREPARACIÓN DE PROBETAS	24,00
<b>TOTAL</b>	<b>48,00</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>60,85</b>

## COSTOS DE CALIFICACION DE CONSUMIBLES

- Proceso MIG
- Gas de protección Argón
- 5 probetas para impacto y 1 para tracción
- 1 probeta para macrografía
- Diámetro metal de aporte 1.2 mm
- Radiografía Industrial
- Análisis químico
- En la Mano de Obra y Gastos Generales (GG) se considera la mano de obra directa (soldador y ayudante) y mano de obra indirecta (inspector de soldadura). Además se considera como GG la depreciación de la maquinaria y el equipo.

Cupón para calificación de consumibles



**Tabla 12: Parámetros de evaluación para calcular los costos de calificación de consumibles**

<b>PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
COSTO MOD [USD/H] SOLDADOR	4,06
COSTO MOD [USD/H] AYUDANTE	1,63
COSTO MOI INSPECCIÓN DE SOLDADURA [USD/H]	9,75
COSTO MOI INSPECCIÓN END [USD/H]	9,75
COSTO ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55
ELECTRODO [USD/KG]	0,00
GASES [USD/M3]	26,12
LONGITUD [MM] (ENSAYO 1)	304,80
LONGITUD [MM] (ENSAYO 2)	304,80
VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN [KG/H]	2,80
KW HORA	5,54
EFICIENCIA DEPOSICIÓN [%] MIG	0,85
PESO METAL DEPOSITADO [KG/ML] (ENSAYO 1)	2,38
PESO METAL DEPOSITADO [KG/ML] (ENSAYO 2)	1,17
FACTOR DE OPERACIÓN	0,35
FLUJO DE GAS [M3/H]	1,00
DEPRECIACIÓN EQUIPO [USD/H]	0,21

**Tabla 13: Costos de operación para realizar calificación de consumibles**

<b>COSTOS EN OPERACIÓN PARA CALF. CONSUMIBLES</b>		
<b>COSTO</b>	<b>VALOR/UNIDAD</b>	<b>[USD]</b>
ELECTRODO [USD/ML]	0,00	0,00
MO Y GG [USD/ML]	56,67	17,27
MO [USD] DESPUÉS P. SUELDA	65,00	65,00
TRANSPORTE [USD]	10,00	10,00
GASES [USD/ML]	33,09	10,09
METAL BASE [USD/KG] e=19,05MM	1,13	17,83
METAL BASE [USD/KG] e=12,7MM	1,13	7,12
ENERGÍA ELÉCTRICA [USD/H]	0,55	1,66
PREPARACIÓN DE PROBETAS	12,00	108,00
RADIOGRAFÍA [USD/ML]	40,00	12,19
IMPACTO [USD/PROBETA]	14,00	70,00
E. TRACCIÓN [USD/PROBETA]	12,00	12,00
MACROGRAFÍA [USD/PROBETA]	12,00	12,00
ANÁLISIS QUÍMICO [USD/MUESTRA]	30,00	30,00
<b>TOTAL</b>		<b>373,16</b>
<b>UTILIDAD 130%</b>		<b>485,11</b>
<b>PRECIO</b>		<b>858,28</b>

**Tabla 14: Costos de servicios contratados para realizar calificación de consumibles**

<b>COSTO SERV. CONTRATADOS C. CONSUMIBLES</b>	
IMPACTO	70,00
E. TRACCIÓN	12,00
ANÁLISIS QUÍMICO	30,00
PREPARACIÓN DE PROBETAS	108,00
<b>TOTAL</b>	<b>220,00</b>
<b>% COSTOS DE OPERACIÓN</b>	<b>58,96</b>

**Tabla 15: Costos de materia prima para realizar calificación de consumibles**

<b><i>COSTO DE MATERIA PRIMA C. CONSUMIBLES</i></b>	
ELECTRODO	0,00
GASES	10,09
METAL BASE	24,95
<b><i>TOTAL MATERIA PRIMA</i></b>	<b><i>35,04</i></b>
<b><i>% COSTOS DE OPERACIÓN</i></b>	<b><i>9,39</i></b>

**ANEXO V: PLANES CURRICULARES DE PRÁCTICAS DE SOLDADURA PARA PERSONAS SIN EXPERIENCIA EN SOLDADURA.**

**Tabla 1: Prácticas para procesos de producción de proceso SMAW**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN SMAW</b>
<b>CONTENIDO</b>
<i>Prácticas de soldadura para proceso SMAW en placas</i>
Práctica 1: Rellenos por capas
Práctica 2: Cordones corridos sin interrupción
Práctica 3: Soldadura en ángulo I
Práctica 4: Soldadura en ángulo II
Práctica 5: Soldadura unión a traslape
Práctica 6: Soldadura de juntas a tope con bisel "V" posición plana
Práctica 7: Soldadura en ángulo vertical
Práctica 8: Soldadura en ángulo vertical exterior
Práctica 9: Soldadura juntas con bisel en "V" vertical
Práctica 10: Soldadura en ángulo interior sobre cabeza
Práctica 11: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición sobre cabeza
Práctica 12: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición horizontal
<i>Prácticas de soldadura para proceso SMAW en tuberías</i>
Práctica 1: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 1G)
Práctica 2: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 2G)
Práctica 3: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 5G) I
Práctica 4: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 5G) II

**Tabla 2: Prácticas para procesos de producción de proceso FCAW**

<b>PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN FCAW</b>
<b>CONTENIDO</b>
<i>Prácticas de soldadura para proceso FCAW en placas</i>
Práctica 1: Rellenos por capas (posición plana)
Práctica 2: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (posición plana)
Práctica 3: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (con respaldo, posición plana)
Práctica 4: Soldadura de uniones de esquina (posición plana)
Práctica 5: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición plana)
Práctica 6: Soldadura en ángulo - unión en "T" (posición plana horizontal)
Práctica 7: Soldadura de uniones a traslape (posición plana)
Práctica 8: Soldadura de uniones a tope con bisel en "V" (posición plana)
Práctica 9: Soldadura de uniones con bisel en "V" (cordones en serie, posición plana)
Práctica 10: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical ascendente)
Práctica 11: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical descendente)
Práctica 12: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical ascendente)
Práctica 13: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical descendente)
Práctica 14: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza)
Práctica 15: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza)
Práctica 16: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal)
<i>Prácticas de soldadura para proceso FCAW en tuberías</i>
Práctica 1: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 1G)
Práctica 2: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 2G)
Práctica 3: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 5G) I
Práctica 4: Aplicación de la soldadura FCAW en tuberías (posición 5G) II



**Tabla 3: Prácticas para procesos de producción de proceso GMAW**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GMAW
CONTENIDO
<i>Prácticas de soldadura para proceso GMAW en placas</i>
Práctica 1: Rellenos por capas (posición plana)
Práctica 2: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (posición plana)
Práctica 3: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (con respaldo, posición plana)
Práctica 4: Soldadura de uniones de esquina (posición plana)
Práctica 5: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición plana)
Práctica 6: Soldadura en ángulo - unión en "T" (posición plana horizontal)
Práctica 7: Soldadura de uniones a traslape (posición plana)
Práctica 8: Soldadura de uniones a tope con bisel en "V" (posición plana)
Práctica 9: Soldadura de uniones con bisel en "V" (cordones en serie, posición plana)
Práctica 10: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical ascendente)
Práctica 11: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical descendente)
Práctica 12: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical ascendente)
Práctica 13: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical descendente)
Práctica 14: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza)
Práctica 15: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza)
Práctica 16: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal)
<i>Prácticas de soldadura para proceso GMAW en tuberías</i>
Práctica 1: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 1G)
Práctica 2: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 2G)
Práctica 3: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5G) I
Práctica 4: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5G) II

**Tabla 4: Prácticas para procesos de producción de proceso GTAW**

PLAN CURRICULAR PARA CURSO PROCESO DE PRODUCCIÓN GTAW
CONTENIDO
<i>Prácticas de soldadura para proceso GTAW en placas</i>
Práctica 1: Soldadura sobre placa en posición horizontal
Práctica 2: Soldadura de junta en esquina en posición plana
Práctica 3: Soldadura de costuras de filete en posición horizontal de juntas en esquina sobre placas
Práctica 4: Soldadura de costuras de filete en posición vertical de juntas en esquina sobre placas
Práctica 5: Soldadura de costuras de filete en juntas en T, sobre placas, en posición plana
Práctica 6: Soldadura de costuras de filete en posición horizontal de juntas en T, sobre placas
Práctica 7: Soldadura de costuras de filete en posición vertical de juntas en T sobre placas
Práctica 8: Soldadura de filete de placas, en posición sobre cabeza
Práctica 9: Soldadura de placas a tope con ranura cuadrada, en posición plana
Práctica 10: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición horizontal
Práctica 11: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición vertical
Práctica 12: Soldadura a tope de placas con ranura cuadrada, en posición sobre cabeza
<i>Prácticas de soldadura para proceso GTAW en tuberías</i>
Práctica 1: Soldadura de filete de tubo sobre placa, en posición plana
Práctica 2: Soldadura de filete de tubo sobre placa, en posición horizontal
Práctica 3: Soldadura de filete de tubo sobre placa, en posición sobre cabeza

## **ANEXO VI: PRÁCTICAS DE SOLDADURA PARA PROCESOS DE PRODUCCIÓN SMAW Y GMAW**

### *Práctica No. 1 para proceso SMAW en placas*

#### **Tema: Rellenos por capas**

#### **Material:**

- Probetas de acero de 8x100x300mm con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E7018 5/32 $\phi$
- Electrodo: E7018 3/16 $\phi$

#### **Procedimiento:**

- Trazar a lo largo de la probeta 10 líneas a una distancia de 1cm.
- Colocar el electrodo E7018 5/32 $\phi$  en la pinza portaelectrodo a un ángulo de 90°.
- Realizar cordones de solda siguiendo la dirección de las líneas trazadas. El electrodo debe situarse en el plano vertical de la línea que se va a soldar, manteniéndolo con una inclinación de 10° a 15° con relación al vertical en sentido del avance.
- Al terminar los diez cordones se repite la operación cambiando de electrodo (E7018 3/16 $\phi$ ). La tarea consiste en echar los cordones entre el vacío dejado en la operación anterior, de modo que, con el aporte del nuevo metal, se forme una capa uniforme en la superficie de la probeta.

## ***Práctica No. 2 para proceso SMAW en placas***

***Tema: Cordones corridos sin interrupción***

### ***Materiales:***

- Probeta de acero de 8x100x300mm con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E7018 5/32 $\varnothing$
- Electrodo: E7018 3/16 $\varnothing$

### ***Procedimiento:***

- Trazar a lo largo de la probeta una línea de guiado a una distancia del borde de 10mm.
- El presente ejercicio se efectúa depositando el primer cordón de soldadura arriba de la última línea trazada teniendo cuidado de mantener el electrodo en el plano vertical con una inclinación de 10° a 15° con relación a la vertical en el sentido de avance.
- El segundo cordón y los siguientes se depositarán sobremontándolos parcialmente en el anterior, manteniendo el electrodo con una inclinación de 30° hacia el lado por rellenar manteniendo invariable la inclinación de 10° a 15° en el sentido de avance.
- El ejercicio se repite con el electrodo de mayor calibre (E7018 3/16 $\varnothing$ ) siguiendo las mismas indicaciones del anterior.

## Práctica No. 3 para proceso SMAW en placas

### Tema: Soldadura en ángulo I

#### Materiales:

- Dos piezas de 8x100x500mm de acero, con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E6010 1/8 $\varnothing$
- Electrodo: E7018 5/32 $\varnothing$

#### Procedimiento:

- Las probetas se preparan colocando las dos piezas en un soporte (Figura 1) de manera que formen un enfrentamiento a 90° y una separación de la raíz de 2 a 3mm. Una vez que están afirmadas las piezas, se pone un punto de soldadura al centro y uno en cada extremo (con electrodo E6010).

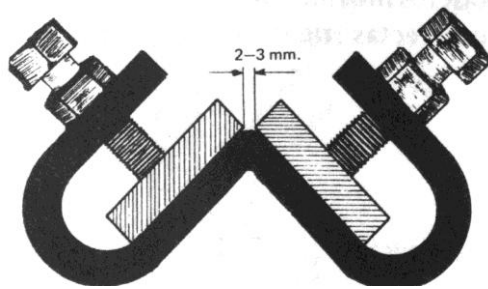


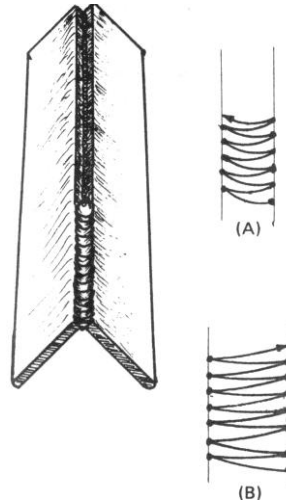
Figura 1: Preparación de probetas con soportes

- El cordón de fondeo se dará con electrodos: E6010 1/8 $\varnothing$  en la misma posición de la figura 69. La posición del electrodo será de una inclinación de 5° máximo. En el sentido de la dirección del avance en la operación de soldeo.
- Se da al electrodo un movimiento constante (chicoteo) Figura 2. El chicoteo (azote) consiste en dar un movimiento al electrodo sobre un lado, avanzando y retrocediendo, pasando sobre el material anteriormente depositado y al otro lado donde se repite la operación a la inversa.



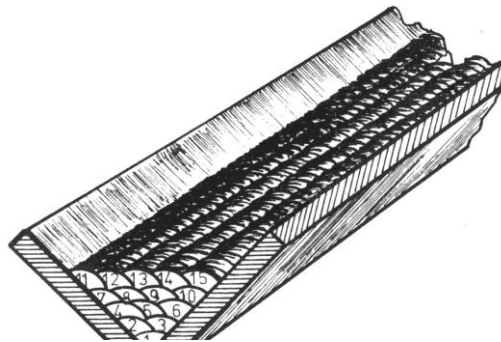
Figura 2: Movimiento de chicoteo o azote

- El paso caliente se aplica con electrodo E7018 5/32 $\phi$ , y se le da un movimiento de avance (Figura 3(A)) balanceado muy parecido al de la primera operación, con la variante de que el arco tendrá una forma más abierta y habrá una pequeña pausa al término de cada recorrido para evitar socavaciones en los bordes. En el pase de acabado (vista) habrá otra variación: los movimientos formarán líneas casi rectas (Figura 3 (B)) zigzag.



**Figura 3: Movimientos del Electrodo**

- Al término de este ejercicio se aplica soldadura en la parte interna del ángulo, depositando los cordones en serie y sobremontándolos parcialmente como muestra la secuencia de la figura 4.



**Figura 4: Depósito de Cordones en Serie**

## **Práctica No. 4 para proceso SMAW en placas**

### **Tema: Soldadura en ángulo II**

#### **Materiales:**

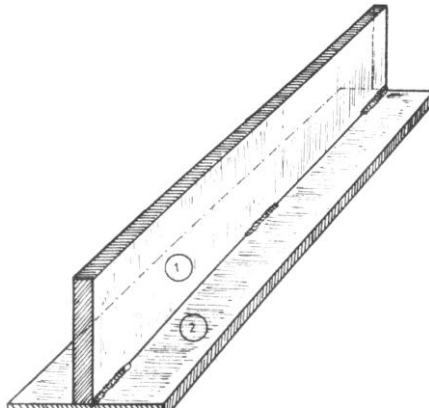
- Dos piezas de 8x100x500mm de acero, con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E7018 3/16ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

#### **Definición:**

La presente tarea consiste en la unión de dos piezas en que el borde de una va en contacto con la superficie central de la otra, formando un ángulo recto (90°), (unión T).

#### **Preparación de la probeta:**

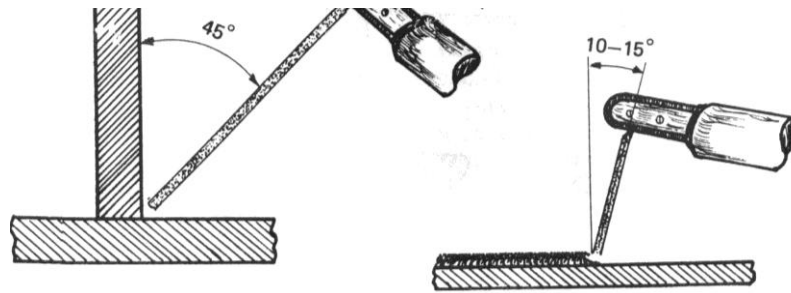
- La probeta se prepara poniendo la pieza 1 sobre el eje de la pieza 2. Antes de hacer dicha operación es aconsejable quitar con esmerilado la cascarilla de fundición o el óxido de la superficie central de la pieza 2. Cuando las piezas están con las medidas indicadas y el ángulo es de 90° se da un punto al centro y después uno en cada extremo, como indica la Figura 6.



**Figura 6: Posición final para soldar**

#### **Procedimiento:**

- El primer cordón se hará con un electrodo de 5/32 de diámetro (de la parte opuesta a los puntos) y tendrá una inclinación de 45° en relación con la pieza vertical (Figura 7A) y una inclinación de 10° a 15° en relación al sentido de avance (Figura 7B).



**Figura 7: Posición del electrodo al soldar**

- En el segundo cordón el electrodo tendrá siempre la misma inclinación en el sentido de avance pero formando un ángulo de  $65^{\circ}$  a  $70^{\circ}$  con la horizontal, debiendo pasar el eje del electrodo por la arista que forma el plano horizontal de la probeta con el plano de la superficie del primer cordón ( $45^{\circ}$ ).
- El tercer cordón se hará con las mismas inclinaciones del primero.

## Práctica No. 5 para proceso SMAW en placas

**Tema: Soldadura unión a traslape**

**Materiales:**

- Dos piezas de 14x100x500mm acero con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E7018 5/32ø

**Preparación de la probeta:**

- La probeta se prepara sobreponiendo la pieza 1 con el borde sobre el eje de la pieza 2 (Figura 8) sujetándolo con dos puntos de suelda en los extremos y uno al centro.

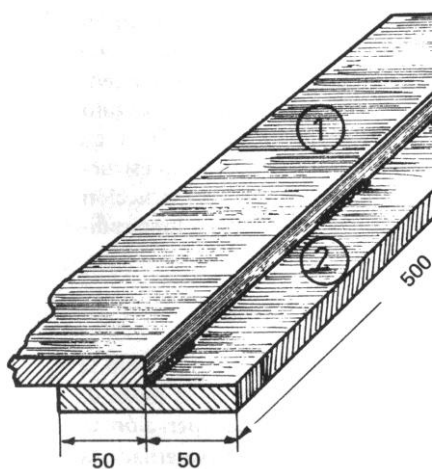


Figura 8: Preparación de probetas

**Procedimiento:**

- El primer cordón se deposita con un electrodo 5/32 (de la parte opuesta a los puntos). La inclinación del electrodo será la misma del ejercicio de soldadura en ángulo, como se muestra en la Figura 9. Asimismo será la secuencia de los cordones sucesivos.

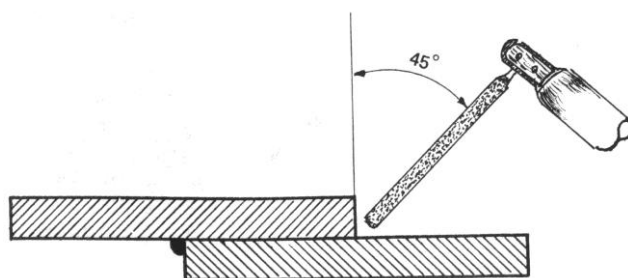


Figura 84.

Figura 9: Posición del electrodo



## **Práctica No. 6 para proceso SMAW en placas**

### **Tema: Soldadura de juntas a tope con bisel "V" posición plana**

#### **Definición:**

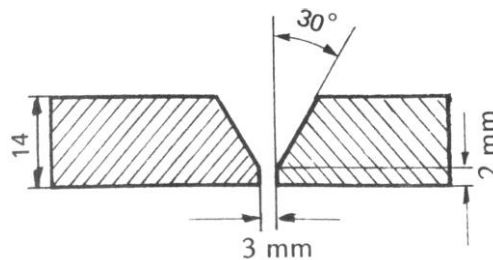
La unión de dos piezas situadas en un mismo plano (plano a tope) con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 30° por lado respecto a la vertical.

#### **Materiales:**

- Dos piezas de acero de 14x100x500mm
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

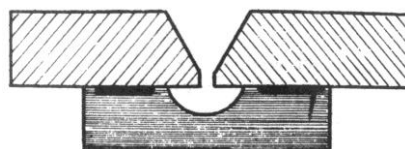
#### **Preparación de la probeta:**

- La probeta deberá preparar de modo que la punta del electrodo se pueda mover con libertad, manteniendo la separación de la raíz correcta y el ángulo del bisel no superior o inferior de 30° respecto a la vertical y un tacón de 2mm de ancho (Figura 10).



**Figura 10: Preparación de probeta**

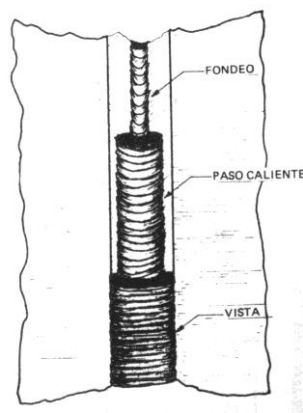
- Las caras del chaflán de las uniones deben ser lisas, sin estrías (se aconseja el esmerilado).
- El apuntado de las probetas se ejecutará por medio de puentes como indica la Figura 11 de manera que la longitud de la junta que se va a soldar esté limpia de puntos que puedan impedir una penetración uniforme del cordón de fundeo.



**Figura 11: Apuntado de las probetas**

**Procedimiento:**

- El cordón de fondeo se dará con un electrodo E6010 1/8ø. En la iniciación de la soldadura se le dará un movimiento de avance en los bordes y retroceso al centro ritmado (azoteo).
- Normalmente la regla de referencia se toma, si el avance y el amperaje son correctos, cuando la abertura que causa el arco entre los biseles tiene la forma de una pera, fenómeno similar conocido en soldadura oxiacetilénica.
- El paso caliente se deposita con electrodos E7018 5/32ø, el movimiento será de chicoteo tomando en cuenta que la pequeña pausa en los bordes debe ser lo suficiente para distribuir un cordón sano y uniforme sin socavación de los bordes.
- La misma operación se hará para el cordón de vista, Figura 12.



**Figura 12: Movimiento del electrodo para los diferentes pases**

## Práctica No. 7 para proceso SMAW en placas

### Tema: Soldadura en ángulo vertical

#### Materiales:

- Dos piezas de acero de 8x100x500mm
- Electrodo: E7018 1/8 $\phi$
- Electrodo: E7018 5/32 $\phi$

#### Preparación de la probeta:

- Misma operación que la práctica No. 4

#### Procedimiento:

- Se instala la probeta en posición vertical de tal manera que el eje de su longitud forme ángulo perfecto con la mesa de trabajo (Figura 13).

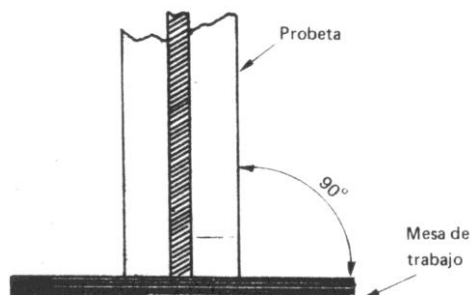


Figura 13: Ubicación de la probeta

- El electrodo de 1/8 se coloca en un plano horizontal para formar 45° con las caras del ángulo (Figura 14A) y dentro de ese plano se inclina hacia debajo de 15° a 20° (Figura 14B).

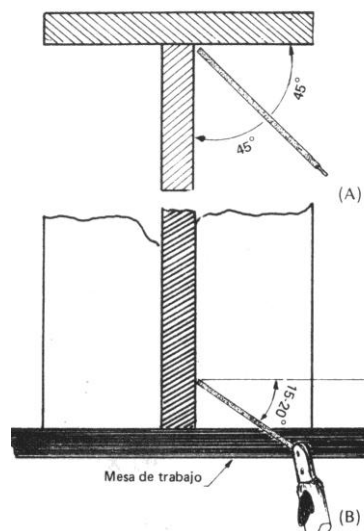
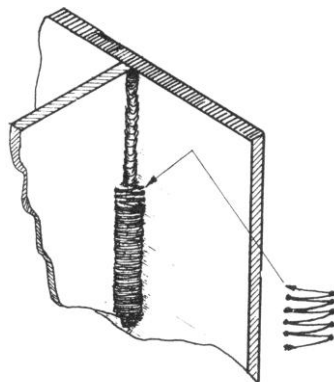


Figura 14: Posición del electrodo

- El cebado del arco se hace en el ángulo que se va a soldar y antes de iniciar la operación de soldeo es aconsejable tener el arco alejado de la pieza un pequeño lapso (2 segundos, con el fin de dar una pequeña calentada al punto donde empieza el cordón) y luego dar inicio a la operación de soldeo.
- El movimiento del electrodo para el primer pase se efectúa con movimientos ritmados en forma de semicírculos, partiendo de arriba de un lado hacia abajo, hasta arriba del otro lado, haciendo un retroceso seguido de un ascenso. Teniendo un ángulo correcto del electrodo, un movimiento constante (balanceo) y el amperaje correcto, se obtendrá una soldadura libre de socavaduras y una buena distribución del material de aporte.
- Para efectuar el segundo cordón los ángulos de inclinación serán los mismos con la variante del de soldadura, más abierto, con una pequeña pausa en los bordes (Figura 15) el tiempo suficiente para que el metal depositado en el centro se enfríe; se regresa al borde opuesto, se hace otra pausa y se repite el movimiento.



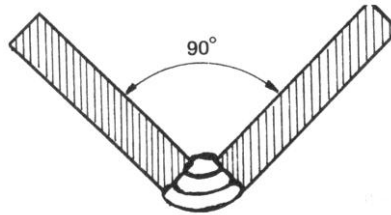
**Figura 15: Movimiento del electrodo**

## **Práctica No. 8 para proceso SMAW en placas**

### **Tema: Soldadura en ángulo vertical exterior**

#### **Definición:**

Unión de dos piezas cortadas a escuadra enfrentadas por la arista interior (Figura 16) formando las caras interiores un ángulo de 90° vertical.



**Figura 16: Unión de piezas enfrentadas por la arista interior**

#### **Materiales:**

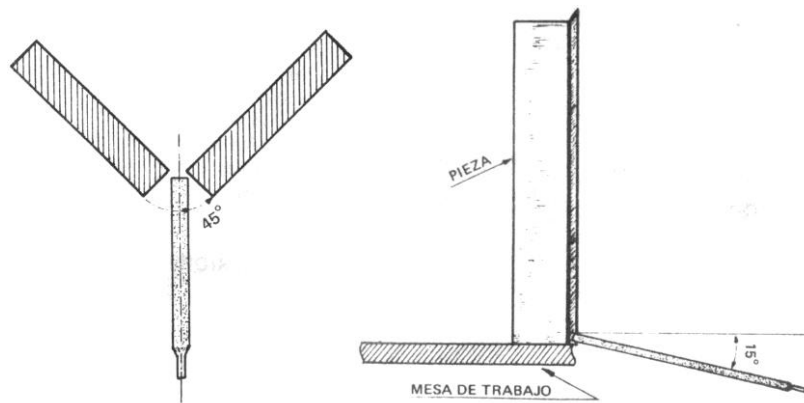
- Dos piezas de acero de 8x100x500mm con bordes cortados a escuadra
- Electrodo: E6010 1/8 $\phi$
- Electrodo: E7018 5/32 $\phi$

#### **Preparación de la probeta:**

- La preparación y el apuntado de las probetas son iguales a las de la práctica 3.

#### **Procedimiento:**

- La posición del electrodo para la ejecución de esa soldadura debe ser en plano vertical bisector del ángulo. Dentro de dicho plano el electrodo ha de estar inclinado 15° debajo de la horizontal (las posiciones son aproximadamente iguales a las de la práctica 4). Se inicia la soldadura con un electrodo E6010 1/8 $\phi$  en el punto inferior de la probeta.
- La progresión ascendente del primer pase (fondeo) es un movimiento ritmado de semicírculos de un lado al otro.
- La secuencia para los pases siguientes: se usa un electrodo E7018 5/32 $\phi$  y los movimientos de oscilación son los mismos que los ejercicios verticales anteriores.
- Con Figura 17 se repite la posición de ángulo del electrodo y los movimientos del mismo en el depósito del material. Este ejercicio es de suma importancia porque es el primer paso de una soldadura de juntas en vertical con bisel en "V".



**Figura 17: Posiciones del ángulo del electrodo**

- El primer punto que se debe cuidar después de tener la probeta en posición vertical es probar la intensidad de la corriente, que en este caso es para un electrodo E6010 1/8ø.
- Segundo: Se inicia el cebado del arco en la parte inferior de la probeta colocando el electrodo en un plano horizontal para formar un ángulo de 45° con los cantos que se van a soldar; dentro ese plano el electrodo ha de estar inclinado 15° por debajo de la horizontal.
- Tercero: el movimiento de azoteo, o sea formar con la punta del electrodo un movimiento de arriba, abajo, arriba formando en este recorrido un pequeño semicírculo lo suficiente para establecer una unión con relativa penetración del cordón hacia la parte interna del ángulo de la probeta. En la ejecución del fondeo el arco debe ser más corto posible.
- En la aplicación del segundo pase (paso caliente) el electrodo será E7018 5/32ø, el movimiento del depósito es de balanceo con una pequeña pausa en los lados con el objeto de rellenar lo suficiente los bordes y enfriar un poco el centro del cordón en cada recorrido del electrodo.
- Para el pase de acabado (vista) el movimiento de balanceo será más abierto todavía para formar en cada recorrido del electrodo líneas casi rectas (Figura 18).



**Figura 18: Movimiento de balanceo para los diferentes pasos**

## ***Práctica No. 9 para proceso SMAW en placas***

***Tema: Soldadura juntas con bisel en "V" vertical***

### ***Definición:***

Soldadura de dos piezas con bordes biselados situados en un mismo plano y con la apertura del ángulo de los biseles en posición vertical.

### ***Materiales:***

- Dos placas de acero de 14x100x500mm biseladas a 30°
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

### ***Preparación de la probeta:***

- La preparación de la probeta es similar a la de la práctica 6.

### ***Procedimiento:***

- Se inicia el cebado del arco en la parte inferior de la probeta colocando el electrodo en un plano horizontal para formar un ángulo de 45° con los cantos del ángulo que se va a soldar; dentro de ese plano el electrodo ha de estar inclinado 10° a 15° por debajo de la horizontal.
- El movimiento del electrodo E6010 1/8ø, es el indicado en la práctica 6 para el fondeo. Para los pases sucesivos, la práctica 7.
- Después de haber puesto en posición vertical la probeta, se averigua, por medio de una prueba preliminar la tensión de corriente adecuada (en este caso para el electrodo de alta penetración E6010 1/8ø). Al completar dicha operación ya se está en condiciones de aplicar el primer pase (fondeo), el más difícil, y la base de los cordones siguientes. El movimiento (azoteo) de electrodo para el fondeo será ritmado de arriba hacia abajo, arriba etc. de modo que se forman pequeños semicírculos. La misión en esta primera fase es aplicar un cordón con penetración de modo que la mitad del depósito se quede adentro y la otra mitad pase al otro lado como muestra la figura 107.

## **Práctica No. 10 para proceso SMAW en placas**

### **Tema: Soldadura en ángulo interior sobre cabeza**

#### **Definición:**

Unión de dos piezas, una de las cuales tiene el borde cortado a escuadra y acomete a la otra formando un ángulo de 90°.

#### **Materiales:**

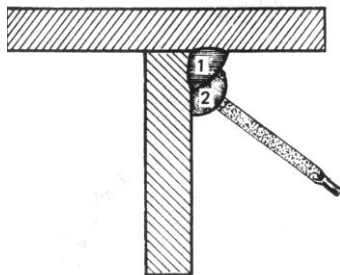
- Dos piezas de acero de 14x100x500mm
- Electrodo: E7018 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

#### **Preparación de la probeta:**

- La preparación de la probeta es similar a la de la práctica 4.

#### **Procedimiento:**

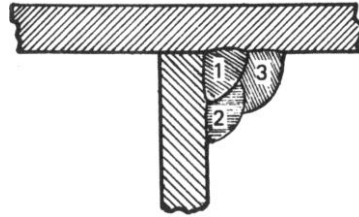
- Se posiciona el electrodo en un plano que forme 45° con las caras del ángulo y dentro del mismo con una inclinación en el sentido de avance de 10°.
- El electrodo para el primer pase será el de 1/8 de diámetro y manteniendo invariables las inclinaciones mencionadas (45° y 10°) se deposita el cordón con un arco muy corto y sin oscilaciones laterales asegurándose de tener la punta del electrodo bien centrada hacia la raíz para poder obtener una buena penetración a la raíz misma.
- El ancho de cordón no debe ser superior a una vez y media del diámetro del electrodo (máximo 5mm). Dicha medida es para mantener una velocidad de avance constante sin exceder el ancho, lo que sería contraproducente para la penetración y para la forma del cordón.
- El segundo y los sucesivos cordones se aplican con un electrodo de diámetro 5/32 de modo que el eje del mismo siga constantemente el borde inferior del cordón anterior en forma tal que la mitad del depósito quede entre el borde y la superficie inferior y la otra mitad entre el borde y aproximadamente la mitad del cordón anterior (Figura 19).



**Figura 19: Suelda del segundo cordón**



- El tercer cordón debe unir a los anteriores con la cara del techo (Figura 20).



**Figura 20: Suelda de los cordones sucesivos**

- Para aplicar capas sucesivas de cordones se depositan cordones en serie de abajo hacia arriba.

## Práctica No. 11 para proceso SMAW en placas

**Tema: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición sobre cabeza**

### Definición:

Unión de dos piezas con bisel situadas en un mismo plano horizontal con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de  $30^\circ$  por lado respecto a la vertical con la parte a soldar hacia abajo (Figura 21).



Figura 21: Unión de piezas situadas en el plano horizontal, con bordes enfrentados y bisel de  $30^\circ$

### Materiales:

- Dos placas de acero de 14x100x500mm
- Electrodo: E6010  $1/8\phi$
- Electrodo: E7018  $5/32\phi$

### Preparación de la probeta:

- Similar a la de la práctica 6.

### Procedimiento:

- En la operación de fondeo el electrodo: E6010  $1/8\phi$  se posicionará en la vertical perpendicular a la raíz de bisel de manera que forme un ángulo de  $90^\circ$  por lado con la superficie inferior de la probeta (Figura 22A) y una inclinación del mismo que forme un ángulo de  $80^\circ$  con relación al sentido de avance (Figura 22B). El arco se mantendrá lo más corto posible y el movimiento ritmado en forma de azoteo. Conviene siempre recordar que la tensión sea la apropiada.

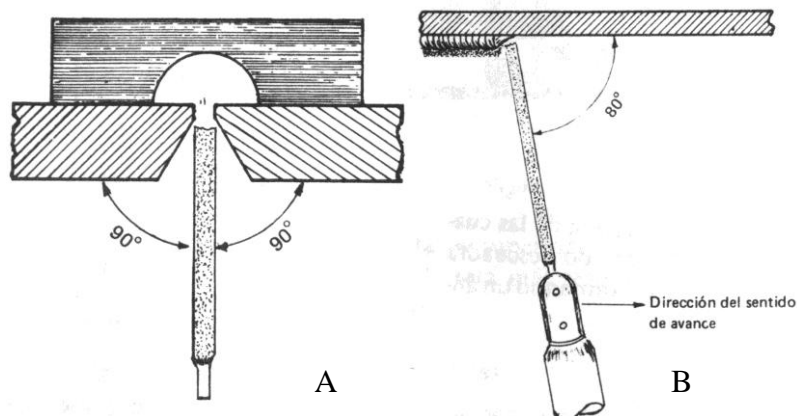


Figura 22: Posición del electrodo

- El segundo cordón y los siguientes se aplicarán con electrodos de 5/32 de diámetro y se hará un movimiento en zigzag de borde a borde del cordón anterior (Figura 23) deteniendo el electrodo con una pequeña pausa al término de cada recorrido (en los bordes).



**Figura 23: Movimiento de zigzag**

- En la operación de relleno del bisel con cordones en serie (Figura 24) el cordón de fondeo y pase caliente se aplicarán con el mismo sistema del ejercicio anterior. Para los cordones que siguen la secuencia será como indica la figura 120: primera capa de cordones el No. 3 y 4; segunda 5,6 y 7 y la tercera capa 8,9,10 y 11.



**Figura 24: Relleno de bisel con cordones en serie**

- Como en todos los ejercicios, es bueno recordar la operación de limpieza entre cordón y cordón. Los cordones se deben depositar como muestra la Figura 24, de manera que cada uno sobremonte parcialmente al otro.

## **Práctica No. 12 para proceso SMAW en placas**

### **Tema: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" posición horizontal**

#### **Definición:**

Unión horizontal de dos piezas con los bordes enfrentados y biselados a 30° por lado con la parte que se va a soldar en posición horizontal.

#### **Materiales:**

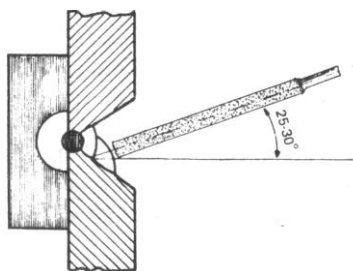
- Dos placas de acero de 14x100x500mm
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar a la de la práctica 6.

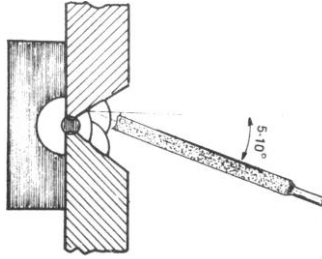
#### **Procedimiento:**

- El pase de fondeo se dará con un electrodo E6010 1/8ø. En la operación de soldeo se mantendrá en posición horizontal con una inclinación de 10° hacia el sentido de avance.
- El soldeo se hace avanzando y retrocediendo con movimientos rítmicos, trabajando en los bordes de los tacones con el arco muy corto.
- Para el paso caliente la posición del electrodo se mantendrá como en el fondeo con la variación que será un electrodo E7018 5/32ø. En esta secuencia el ritmo del movimiento del electrodo se reducirá, sólo guiándolo para que el material en fusión quede uniformemente distribuido en la cara y los bordes de la soldadura.
- El tercer cordón se aplicará con el electrodo inclinado con un ángulo de 25° a 30° sobre la horizontal (Figura 25).



**Figura 25: Inclinación del electrodo**

- Para el cuarto cordón el electrodo se mantendrá con el ángulo de inclinación de 5° a 10° por debajo de la horizontal (Figura 26).



**Figura 26: Inclinación del electrodo**

- Al electrodo no se le aplicará ningún movimiento y la velocidad de avance será tal que el ancho del cordón no supere los 6mm.
- Para la capa de acabado (vista) la secuencia será: el electrodo mantendrá un ángulo hacia debajo de la horizontal de  $10^{\circ}$ , la inclinación hacia el sentido de avance será  $10^{\circ}$ .
- Los cordones se aplicarán de manera que cada uno sobremonte parcialmente al otro.

## ***Práctica No. 1 para proceso SMAW en tuberías***

***Tema: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 1G)***

### ***Definición:***

Unión de dos tramos de tubo de 5" de diámetro cédula 80 con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 30° por lado con una separación de la raíz de 1.5mm y un tacón de 2mm.

### ***Materiales:***

- Dos tramos de tubo de 120mm de longitud con bisel de 30° por lado y un tacón de 2mm máx.
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

### ***Preparación de la probeta:***

- La probeta se deberá preparar de modo que quede una separación de raíz en la junta de 1.5mm en toda la circunferencia.
- El apuntado se efectuará con pequeños puentes, de modo que el bisel esté libre de puntos que puedan impedir una penetración uniforme de cordón de fondeo.

### ***Procedimiento:***

- El cordón de fondeo se dará con un electrodo E6010 1/8ø. El electrodo se colocará perpendicular a la junta que se va a soldar, formando un ángulo de 90° y una inclinación en el sentido de avance de 10 ° a 15°; el movimiento de soldadura para esta primera operación será el mismo de la práctica 6.
- El paso caliente se aplicará con electrodo E7018 5/32ø manteniendo sin variación las posiciones de aplicación. No se olvide cuidar que el sentido de avance no sea superior a los 15°.
- El movimiento de depósito será igual al de la práctica 3.

## **Práctica No. 2 para proceso SMAW en tuberías**

### **Tema: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 2G)**

#### **Definición:**

Unión de dos tramos de tubo de 5" de diámetro cédula 80 con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 30° por lado con una separación de la raíz de 1.5mm y un tacón de 2mm.

#### **Materiales:**

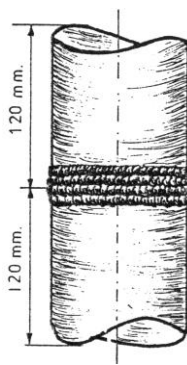
- Dos tramos de tubo de 120mm de longitud con bisel de 30° por lado y un tacón de 2mm máx.
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar al de la práctica 1 para el proceso SMAW en tuberías.

#### **Procedimiento:**

- La probeta se colocará con su eje en posición vertical (Figura 27) sujetándola a la mesa de trabajo con dos puntos. La junta quedará en esta forma en posición horizontal.



**Figura 27: Posición de la probeta**

- El pase de fondeo se dará con un electrodo E6010 1/8ø; en la operación de soldeo se mantendrá en posición horizontal, con una inclinación de 10° a 15° hacia el sentido de avance. El progreso de soldeo se hará avanzando y regresando con el electrodo con movimientos rítmicos, trabajando con los bordes de los tacones, con el arco muy corto.
- Los cordones siguientes se aplicarán con electrodos E7018 5/32ø.

## **Práctica No. 3 para proceso SMAW en tuberías**

### **Tema: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 5G) I**

#### **Definición:**

Unión de dos tramos de tubo de 5" de diámetro cédula 80 con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 30° por lado con una separación de la raíz de 1.5mm y un tacón de 2mm.

#### **Materiales:**

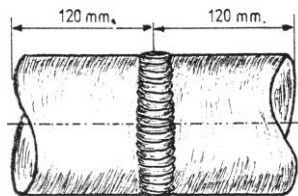
- Dos tramos de tubo de 120mm de longitud con bisel de 30° por lado y un tacón de 2mm máx.
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E7018 5/32ø

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar al de la práctica 1 para el proceso SMAW en tuberías.

#### **Procedimiento:**

- La probeta se colocará con su eje en posición horizontal (Figura 28) sujetándola con dos puntos al soporte de pruebas de la mesa de trabajo.
- El pase de fondeo se aplicará con electrodos E6010 1/8ø y se depositará el material de arriba hacia abajo (descendente).



**Figura 28: Posición de la probeta**

- Para el pase caliente el electrodo que se use será un E7018 5/32ø y el método de aplicación ascendente, o sea de abajo hacia arriba, aplicando una secuencia de movimientos al electrodo.



## **Práctica No. 4 para proceso SMAW en tuberías**

### **Tema: Aplicación de la soldadura SMAW en tuberías (posición 5G) II**

#### **Definición:**

Unión de dos tramos de tubo de 5" de diámetro cédula 80 con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 30° por lado con una separación de la raíz de 1.5mm y un tacón de 2mm.

#### **Materiales:**

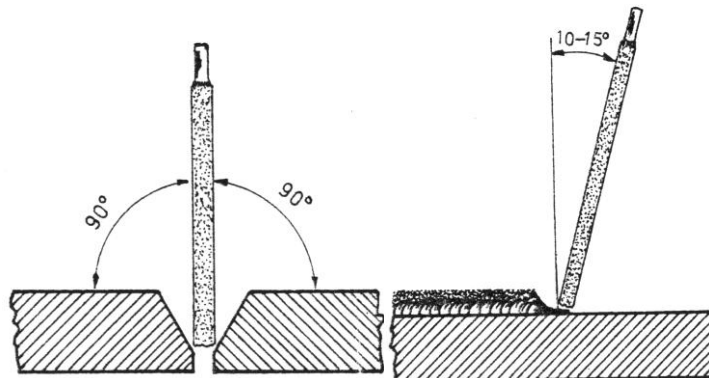
- Dos tramos de tubo de 120mm de longitud con bisel de 30° por lado y un tacón de 2mm máx.
- Electrodo: E6010 1/8ø
- Electrodo: E6010 5/32ø

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar al de la práctica 1 para el proceso SMAW en tuberías.

#### **Procedimiento:**

- Para el paso de fondeo usar el mismo de la práctica 3 para el proceso SMAW en tuberías.
- El paso caliente y los sucesivos se aplicarán con electrodos E6010 5/32ø, y el metal se depositará de arriba hacia abajo, empezando de la posición plana del tubo con el sentido de avance descendente y terminando el cordón en la posición sobre cabeza.
- El ángulo del electrodo se deberá mantener como muestran la Figura 29.



**Figura 29: Posición del electrodo**

## ***Práctica No. 1 para proceso GMAW en placas***

### ***Tema: Rellenos por capas (posición plana)***

#### ***Materiales:***

- Probeta de acero de bajo carbono de 8x105x300mm con los bordes cortados a escuadra
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 “de 0.35” de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

#### ***Parámetros operacionales:***

- Amperaje: 140 a 150
- Voltaje: 19 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 13 a 14 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### ***Preparación de la probeta:***

- Trazar a lo largo de la probeta 6 líneas a una distancia una de otra de 15mm.

#### ***Procedimiento:***

- Posicionar la boquilla a un ángulo transversal de 90° y un ángulo longitudinal (de arrastre) de 10° a 15° máximo.
- Durante el desarrollo de la soldadura se adoptará como patrón un movimiento de la boquilla en forma de tejido (zigzag), de tal manera que al final e la soldadura el cordón tenga un diámetro de 8mm aproximadamente.
- Al completar los seis cordones contenidos en el ejercicio, repetir las operaciones anteriores con las mismas técnicas de movimientos y ángulos, aplicando otros cinco cordones con el mismo ancho de los anteriores hasta obtener una capa uniforme.

## ***Práctica No. 2 para proceso GMAW en placas***

***Tema: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (posición plana)***

### ***Materiales:***

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono, de 6x100x300mm con los bordes cortados a escuadra
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### ***Parámetros operacionales:***

- Amperaje: 160 a 180
- Voltaje: 21 a 23
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 a 15 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### ***Definición:***

Esta práctica consiste en el aplicar los conocimientos adquiridos en la práctica anterior, que ahora consta de dos piezas situadas en un mismo plano (a tope), con los bordes enfrentados con ranura en escuadra.

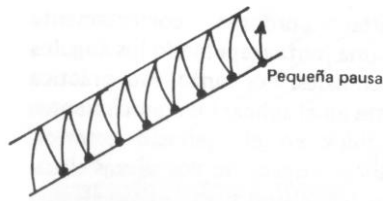
### ***Preparación de la probeta:***

- Las piezas se deben limpiar adecuadamente, los bordes que se enfrentan para recibir el cordón de soldadura deben ser lisos; si es posible, que los cortes de las láminas sean hechos con cizalla. Cuando los cortes son hechos con soplete de oxicorte, se aconseja que los bordes por soldar se limpien con esmeril.
- El apuntado de la probeta deberá de hacerse de tal manera que quede una separación de raíz de 1/16 pulgadas y se ejecutará por medio de puentes, lo anterior para obtener una penetración profunda, y uniforme del cordón de soldadura, sin topes de puntos, a lo largo de la unión que puedan impedir el normal desarrollo del cordón soldadura.

### ***Procedimiento:***

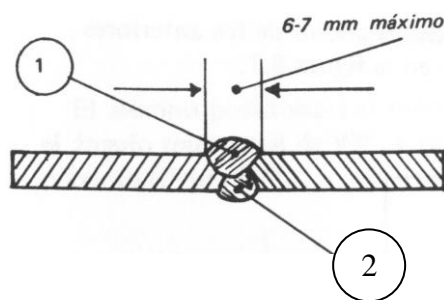
- Las normas para realizar este ejercicio son las mismas del ejercicio anterior, o sea, posicionar el maneral de tal manera que la boquilla queden en ángulo transversal de 90°, y un ángulo longitudinal de 10° a 15° máximo mientras que la distancia entre la boquilla y el material base se mantendrá entre 1/4" y 3/8".
- Durante el desarrollo de la soldadura se adoptará como patrón un movimiento del maneral de forma de tejido de tal manera que al final

resulte un cordón de soldadura con más o menos 6 a 7mm de ancho (Figura 30).



**Figura 30: Movimiento del maneral**

- Al terminar un cordón de la parte superior de la probeta se voltea esta y se aplica un cordón de respaldo (Figura 31, posición 2).



**Figura 31: Cordón de respaldo**

## **Práctica No. 3 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de uniones a tope sin bisel con ranura en escuadra (con respaldo, posición plana)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono, de 3.2x100x300mm con los bordes cortados a escuadra
- Una solera de acero de bajo carbono de 3x40x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

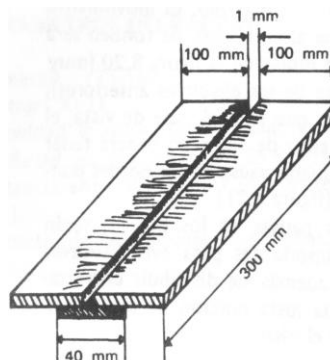
- Amperaje: 140 a 150
- Voltaje: 19 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 18 a 20 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Definición:**

Unión de dos piezas cortadas a escuadra y situadas en un mismo plano con una solera en la parte inferior de la unión.

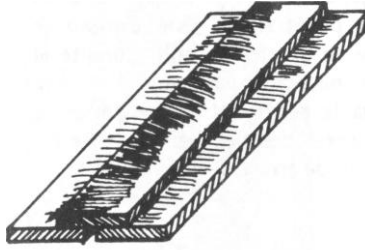
### **Preparación de la probeta:**

- Se ponen las dos láminas en un mismo plano con los bordes preparados de tal manera que tengan una distancia uno del otro a lo largo de la unión de 1.0mm (separación de la raíz). Ver Figura 32.



**Figura 32: Preparación de la probeta**

- La solera se posicionará sobre la unión (perfectamente al centro), sujetándola con 3 puntos por lado (Figura 33).



**Figura 33: Posición de la solera en la probeta**

- Al terminar la operación de punteado se voltea la probeta de manera que la solera quede en la parte inferior de la junta.

***Procedimiento:***

- Las normas operativas de este ejercicio son las mismas de la práctica 2. La única variante como se puede ver, está en los parámetros operativos, o sea se tiene más amperaje, más voltaje, y menos velocidad de avance de la soldadura que en la práctica anterior.
- Al finalizar la soldadura, el cordón deberá tener un diámetro de 6mm aproximadamente.

## **Práctica No. 4 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de uniones de esquina (posición plana)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono, de 6x100x300mm con los bordes cortados a escuadra
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 170 a 175
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente y vista):**

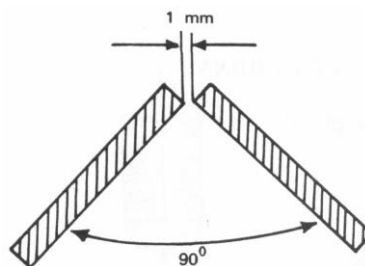
- Amperaje: 170 a 175
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura: 7 a 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Definición:**

Unión de dos piezas cortadas a escuadra, enfrentadas por la arista interior, formando con las caras interiores un ángulo de 90°.

### **Preparación de la probeta:**

- La probeta se prepara colocando las dos piezas de tal manera que formen un enfrentamiento a 90°, y una separación de raíz de 1mm a todo lo largo de la unión (Figura 34).

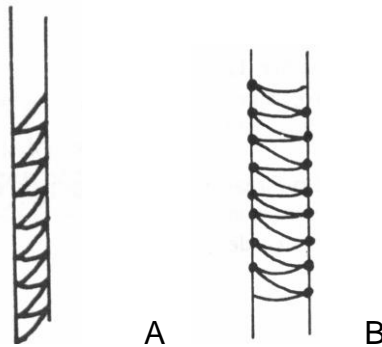


**Figura 34: Preparación de la probeta**

- La sujeción de las piezas se hace por medio de tres puntos muy delgados.

**Procedimiento:**

- Con la ejecución de este ejercicio se va a obtener tres resultados muy importantes. El primero es que se va a aplicar soldadura en la parte exterior de la probeta, que es similar a una unión a tope, con bisel en V. El segundo resultado es el uso de la misma probeta par a aplicar soldadura de ángulo interior y después aplicar una serie de cordones sobremontados parcialmente. El tercer resultado será el ahorro considerable de placas.
- El cordón de fondeo se aplicará manteniendo el ángulo de la boquilla transversal en  $90^\circ$ , y el ángulo longitudinal (como los demás ejercicios) entre  $10^\circ$  a  $15^\circ$  máximo. El movimiento del maneral en el pase de fondeo será como se indica en al Figura 35A, mientras que para el pase de vista, el movimiento de balanceo deberá tener una pequeña pausa en los bordes punteados (Figura 35B).



**Figura 35: Movimiento del maneral**



## **Práctica No. 5 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición plana)**

### **Materiales:**

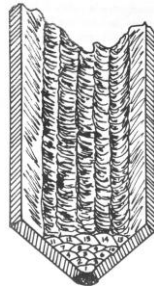
- Probeta de la práctica 4
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

- Amperaje: 170 a 175
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 8 a 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"
- Diámetro de los cordones: 1/4" aproximadamente

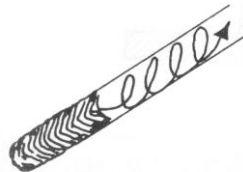
### **Procedimiento:**

- Se voltea la probeta anterior y se posiciona como se ilustra en la Figura 36. Los cordones se depositarán empezando por el cordón central 1 y siguiendo después con los cordones sucesivos sobremontándolos parcialmente como se indica en la secuencia.



**Figura 36: Posición de la probeta**

- Durante la aplicación de la soldadura se deberá mantener los ángulos operativos de los ejercicios anteriores (ángulo transversal y ángulo longitudinal), aplicando al maneral un movimiento durante la operación como se indica en la Figura 37.



**Figura 37: Movimiento del maneral**

## **Práctica No. 6 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura en ángulo - unión en "T" (posición plana horizontal)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 6x100x300mm con bordes cortados a escuadra
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

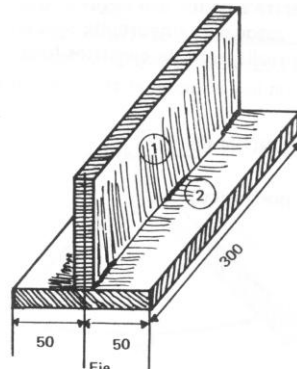
- Amperaje: 150 a 160
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 11 a 13 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"
- Diámetro de los cordones: 6 a 7mm aproximadamente

### **Definición:**

Unión de dos piezas en que el borde de una está en contacto con la superficie central de la otra, formando un ángulo recto de 90°.

### **Preparación de la probeta:**

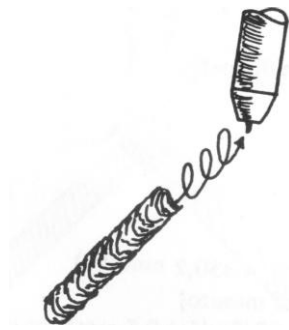
- La probeta se prepara poniendo la pieza 1 sobre el eje de la pieza 2 (Figura 38). Cuando las piezas están en las posiciones indicadas, y con el ángulo en 90°, se aplican los puntos de sujeción con el primero al centro y después en los extremos.



**Figura 38: Preparación de la probeta**

**Procedimiento:**

- La operación de aplicar soldadura en este ejercicio consiste en poner el maneral de tal manera que el eje de la boquilla forme un ángulo transversal de  $45^\circ$ , y un ángulo longitudinal (de arrastre) de  $10^\circ$  a  $15^\circ$ , aplicando al maneral el desarrollo de la soldadura un movimiento como muestra la Figura 39.



**Figura 39: Movimiento del maneral**

## **Práctica No. 7 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de uniones a traslape (posición plana)**

### **Materiales:**

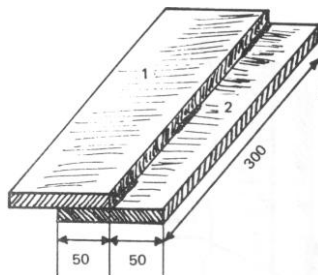
- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 6x100x300mm con bordes cortados a escuadra
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

- Amperaje: 150 a 160
- Voltaje: 19 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 11 a 13 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Definición:**

Unión de dos piezas sobrepuestas, en que el borde de la número 1, queda sobre el eje de la pieza número 2 (Figura 40).



**Figura 40: Ubicación de piezas para soldar**

### **Preparación de la probeta:**

- La probeta se prepara poniendo la pieza número 1, sobre el eje de la pieza 2, sujetándola con tres puntos de soldadura muy delgados, empezando con un punto central, y después con los extremos.

### **Procedimiento:**

- Se voltea la pieza de tal manera que los puntos queden en la parte inferior. La soldadura se aplicará con las mismas técnicas operativas de la práctica 6.
- Al terminar la soldadura de la primera parte se volteará la pieza (lado de los puntos), y se completará con un cordón.

## **Práctica No. 8 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de uniones a tope con bisel en "V" (posición plana)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fundeo):**

- Amperaje: 175 a 180
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente y vista):**

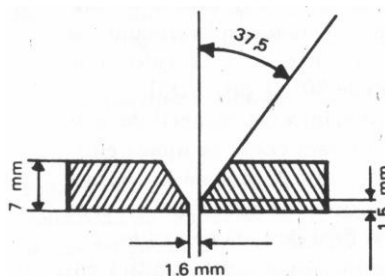
- Amperaje: 175 a 180
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura (pase caliente): 9 PPM
- Velocidad de avance de la soldadura (pase de vista): 7 PPM
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Definición:**

Unión de dos piezas situadas en un mismo plano con los bordes cortados, enfrentados y preparados con un bisel de  $37.5^\circ$  por lado respecto a la vertical.

### **Preparación de la probeta:**

- Las dos piezas se deben preparar cada una con un bisel de  $37.5^\circ$  y un tación de 1.5mm dejando una separación de la raíz de 1.6mm.
- Las caras del chaflán deberán ser lisas y sin estrías (marcas de corte producidas por corte con oxidas, Figura 41).



**Figura 41: Preparación de la probeta**

**Procedimiento:**

- El cordón de fondeo se aplicará en la unión, manteniendo los ángulos operativos de los ejercicios anteriores, o sea manteniendo el ángulo transversal de  $90^{\circ}$ , y el ángulo longitudinal de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$ .
- Por el pase caliente y de vista (segundo y tercer pase) durante el desarrollo de soldadura la boquilla se deberá mantener en el ángulo acostumbrado de  $90^{\circ}$ .
- El movimiento del maneral durante el depósito será como se indica en al Figura 42. Los puntos en los bordes indican la pequeña pausa que se debe respetar al final de cada recorrido.



**Figura 42: Movimiento del maneral**

- El ángulo longitudinal quedará entre los  $10^{\circ}$  y  $15^{\circ}$ .

## ***Práctica No. 9 para proceso GMAW en placas***

***Tema: Soldadura de uniones con bisel en "V" (cordones en serie, posición plana)***

### ***Materiales:***

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de #x100x300mm (espesor de la probeta a juicio del instructor)
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### ***Parámetros operacionales:***

- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 20 a 23
- Velocidad de avance de la soldadura: 7 - 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### ***Preparación de la probeta:***

- Misma operación de la práctica 6.

### ***Procedimiento:***

- Con esta práctica el alumno demostrará el grado de conocimiento adquirido con las prácticas anteriores.
- El tipo de unión es igual a la de la práctica 8, con una sola diferencia que esta última será de más grueso espesor.
- Los ángulos operativos no tendrán ninguna variación ni el movimiento del maneral durante el pase de fondeo y el pase caliente (serán como la práctica 8).
- Los cordones sucesivos deben estar parcialmente sobremontados uno sobre el otro, hasta completar la anchura del bisel, adoptando los parámetros operacionales y el movimiento del maneral como el de la práctica 5.

## **Práctica No. 10 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical ascendente)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

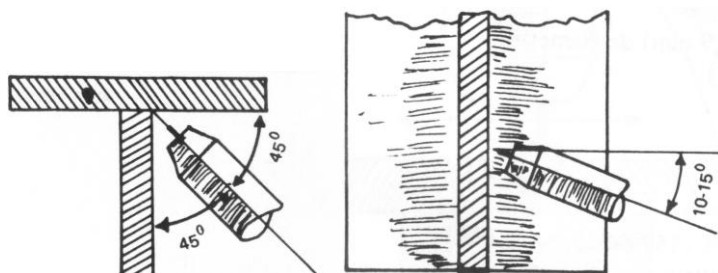
- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 20 a 23
- Velocidad de avance de la soldadura: 7 - 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Preparación de la probeta:**

- Misma operación de la práctica 6.

### **Procedimiento:**

- Para efectuar este ejercicio, se debe posicionar la probeta de tal manera que el eje de su longitud quede perfectamente en posición perpendicular.
- El cebado del arco se hará empezando de la parte inferior de la unión manteniendo la boquilla con un ángulo transversal de  $45^{\circ}$ , y un ángulo longitudinal de empuje de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  aproximadamente (Figura 43).



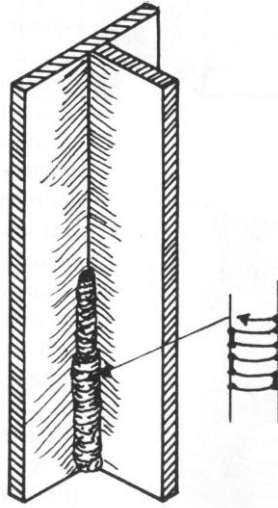
**Figura 43: Posición de la boquilla**

- Durante el desarrollo de la soldadura se aplicará al maneral un movimiento de arqueo. Los puntos indican las pequeñas pausas que se deberán respetar durante el recorrido del depósito. El movimiento de recorrido de depósito de soldadura debe de ser constante y sin interrupciones violentas. Recuérdese que esta operación es un trabajo



de equilibrio y dependerá de la habilidad del alumno mantener estable el pequeño chorro de metal líquido sobre la unión que se está soldando.

- Después de aplicar el primer cordón se pasará a la aplicación del segundo cordón. En la aplicación del segundo cordón se aumentará un poco el amperaje (130 a 135), y se reducirá un poco la velocidad de avance de la soldadura. Todos los demás factores no variaron, los ángulos incluidos. Al maneral se le aplica un movimiento diferente de lo que se ha dado en el primer pase (Figura 44).



**Figura 44: Movimiento del maneral**

## **Práctica No. 11 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición vertical descendente)**

### **Materiales:**

- Dos láminas de acero de bajo carbono de 6x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales:**

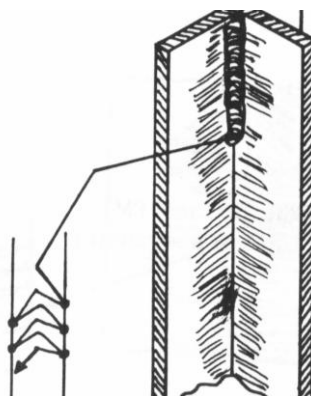
- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 10 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Preparación de la probeta:**

- Misma operación de la práctica 6.

### **Procedimiento:**

- La probeta se posicionará igual que en la práctica 10.
- El cebado del arco se hará empezando de la parte superior de la probeta manteniendo la boquilla con un ángulo transversal de  $45^{\circ}$ , y un ángulo de arrastre de  $20^{\circ}$ .
- Durante el desarrollo de la soldadura se aplicará al maneral la técnica de movimientos como se indica en la Figura 45; los pequeños puntos indican las pausas brevísimas que se deben respetar en los bordes. Los movimientos deben ser constantes y uniformes.



**Figura 45: Movimiento del maneral**

## **Práctica No. 12 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical ascendente)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente):**

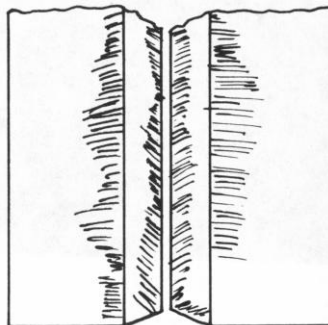
- Amperaje: 115 a 120
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 7 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Parámetros operacionales (Pase de vista):**

- Amperaje: 115 a 120
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 5 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Definición:**

Unión de dos piezas con bordes biselados y situados en un mismo plano con la abertura del ángulo del bisel en posición vertical (Figura 46).



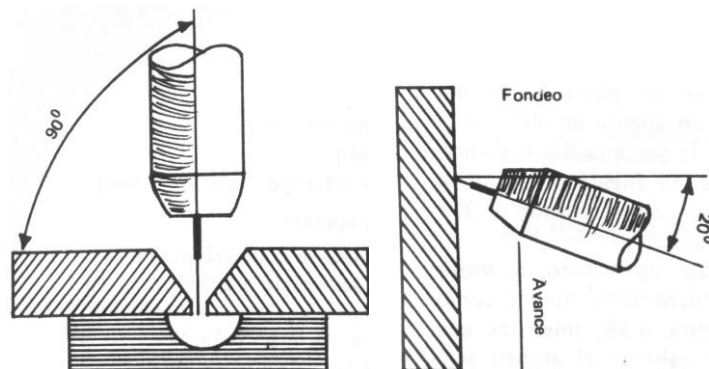
**Figura 46: Unión de piezas con bordes biselados en una plano vertical**

### **Preparación de la probeta:**

- La preparación de la probeta debe ser igual a la de la práctica 8.

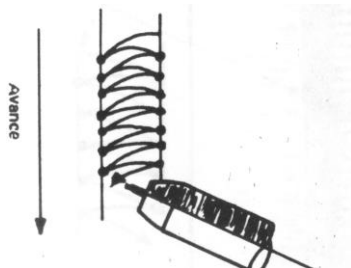
### **Procedimiento:**

- Teniendo como experiencia la práctica 11, se aplicará el pase de fondeo con la técnica descendente.
- En las primeras aplicaciones del cordón de fondeo el alumno encontrará un poco de dificultad debido a que éste debe tener una penetración profunda y uniforme.
- Por lo general un cordón de soldadura puede ser aceptado cuando la penetración resultante es de un ras uniforme un máximo de 2mm de elevación de toda la longitud de la unión.
- Para aplicar la soldadura se posiciona la probeta de manera que los cantos por soldar queden en posición vertical.
- El cebado del arco se iniciará de la parte superior de la junta, colocando la boquilla en un plano horizontal para formar un ángulo de  $90^\circ$  con la superficie de la probeta, y manteniendo un ángulo longitudinal de arrastre de  $20^\circ$ , aproximadamente (Figura 47).



**Figura 47: Posición de la boquilla**

- El movimiento del maneral para el pase de fondeo será como indica la Figura 48; recuérdese siempre la importancia de las pausas en los bordes.



**Figura 48: Movimiento del maneral**

- El pase caliente y de vista se aplicará con la técnica de aportación ascendente. Para el pase caliente y de vista se mantendrán los mismos ángulos operativos, o sea, ángulo transversal de  $90^{\circ}$ , y el ángulo longitudinal de  $20^{\circ}$ .
- La variación del movimiento del maneral al igual de la práctica 10, se deja a la decisión del instructor.
- Cuando se haga el cambio de parámetros, para el cambio de pases, se aconseja hacer pruebas en una placa apósite, poniéndola en la misma posición de la probeta por soldar. Lo anterior es para evitar ensuciar con depósitos defectuosos la superficie de la probeta.

## **Práctica No. 13 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Soldadura de juntas a tope con bisel en "V" (posición vertical descendente)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente):**

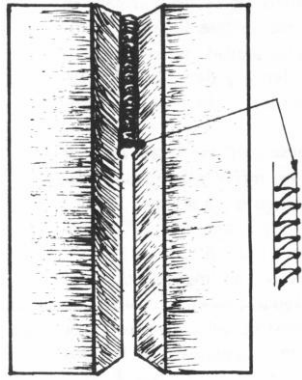
- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 7.5 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase de vista):**

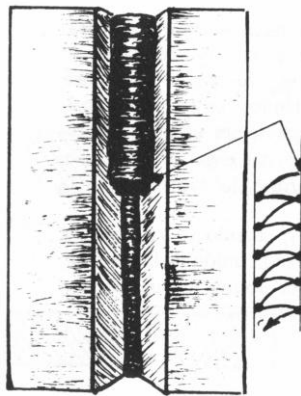
- Amperaje: 115 a 120
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 6 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Procedimiento:**

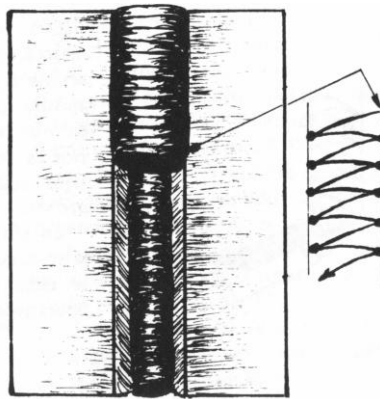
- La probeta se colocará en la misma posición de la práctica 12.
- El cebado del arco se efectuará por la parte superior de la probeta, llevando el avance de la soldadura, de arriba hacia abajo.
- Durante esta operación, la boquilla se colocará en un plano horizontal para formar un ángulo de 90° con la superficie de la probeta (igual que la práctica 12). El ángulo longitudinal será de arrastre con inclinación de 20° aproximadamente.
- Para el pase de fondeo, el movimiento del maneral, se llevará como ilustra la Figura 49, mientras que para el pase caliente el arqueado será más abierto (Figura 50), igual para el pase de vista (Figura 51).



**Figura 49: Movimiento del maneral pase de fondo**



**Figura 50: Movimiento del maneral pase caliente**



**Figura 51: Movimiento del maneral pase de vista**

## ***Práctica No. 14 para proceso GMAW en placas***

***Tema: Aplicación de la soldadura en ángulo (posición sobre cabeza)***

### ***Materiales:***

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### ***Parámetros operacionales:***

- Amperaje: 135 a 140
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 11 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### ***Definición:***

Unión de dos piezas, una de las cuales tienen el borde cortado a escuadra, y acomete la otra formando un ángulo de 90°.

### ***Preparación de la probeta:***

- Misma operación de la práctica 6.

### ***Procedimiento:***

- Para aplicar la soldadura en posición sobre cabeza, se posiciona la boquilla en un plano que forma 45° con las caras del ángulo de la probeta, y dentro del mismo una inclinación en el sentido de avance de 15° (ángulo longitudinal de arrastre).
- El movimiento del maneral en la aplicación del cordón, será lo mismo que en la práctica 6.
- El segundo y tercer cordón se aplicarán con las mismas técnicas operativas de la práctica 6, sin olvidar que los cordones se deben sobremontar parcialmente.



## **Práctica No. 15 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición sobre cabeza)**

### **Material:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 120 a 125
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 12.5 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente):**

- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 10 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase de vista):**

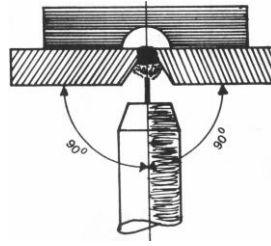
- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 8 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Preparación de la probeta:**

- Misma operación de la práctica 8.

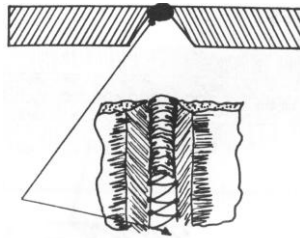
### **Procedimiento:**

- La soldadura de este tipo de unión no es desconocida porque se ha practicado en posición plana (práctica 8), y en posición vertical descendente y ascendente, en las prácticas 12 y 13. Por tanto la operación de fondeo de este ejercicio, la boquilla se posicionará en vertical perpendicular frente a la unión a soldar de tal manera que forme un ángulo de 90° por lado con la superficie inferior de la probeta (Figura 52), y una inclinación longitudinal (de arrastre), de 20°.



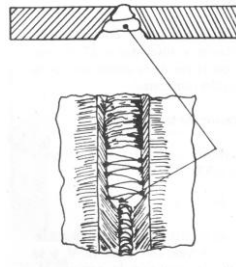
**Figura 52: Posición de la boquilla**

- Durante el desarrollo de la soldadura para el cordón de fondeo, se aplicará un movimiento del maneral como el ilustrado en la Figura 53. Este movimiento se debe llevar a cabo distribuyendo el maneral uniformemente quedando con un ancho de 5 a 6mm, máximo, porque ese deberá ser el diámetro del cordón.



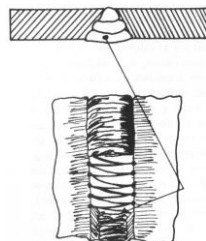
**Figura 53: Movimiento del maneral, pase de fondeo**

- El segundo cordón (pase caliente), se aplicará sobre el pase de fondeo manteniendo sin variaciones los ángulos operativos, aportando un movimiento del maneral de forma que indica la Figura 54 (muy parecido al pase de fondeo).



**Figura 54: Movimiento del maneral, pase caliente**

- Al terminar el segundo pase se aplicará el pase de vista, manteniendo los ángulos operativos anteriores y un movimiento del maneral (Figura 55).



**Figura 55: Movimiento del maneral, pase de vista**

- En uniones con espesores superiores a los 8 milímetros, generalmente se usa aplicar los cordones con el método de cordones en serie (Figura 56).



**Figura 56: Método de cordones en serie**

## **Práctica No. 16 para proceso GMAW en placas**

**Tema: Aplicación de la soldadura en juntas con bisel en "V" (posición horizontal)**

### **Materiales:**

- Dos piezas de lámina de acero de bajo carbono de 7x100x300mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 12.5 PPM

### **Parámetros operacionales (Pases sucesivos):**

- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH
- Distancia entre la boquilla y material base: de 1/4" a 3/8"

### **Definición:**

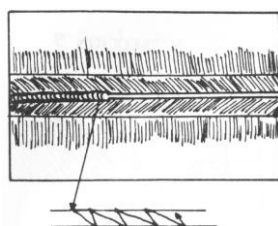
Unión de dos piezas con los bordes enfrentados y biselados a  $37.5^\circ$ , por lado, con el eje de la unión por soldar en posición horizontal.

### **Preparación de la probeta:**

- Misma operación de la práctica 8.

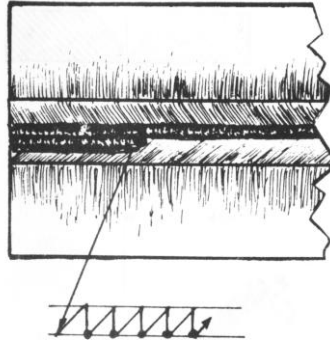
### **Procedimiento:**

- En la aplicación del cordón de fondeo se mantendrá el maneral de soldar con un ángulo lateral de  $5^\circ$  a  $10^\circ$ , o sea un ángulo transversal de  $95^\circ$  a  $100^\circ$ , y el ángulo longitudinal (de arrastre) de  $15^\circ$  a  $20^\circ$ .
- El movimiento del maneral se deberá llevar como se indica en la Figura 57. como se puede notar, estos movimientos no tienen puntos que indican las pausas en los bordes; por tanto, se realizarán estos movimientos uniformemente y sin ninguna interrupción.



**Figura 57: Movimiento del maneral**

- Por los pases sucesivos que se aplicarán con el método de cordones en serie, se llevara la secuencia de depósito de los cordones, empezando por la parte inferior, hasta llegar al borde superior con otro cordón, sobremontándolos parcialmente.
- El movimiento del maneral en todas estas operaciones será como se indicó en la Figura 58 respetando una pequeña pausa sólo, en el borde inferior, mientras que el ángulo longitudinal quedará sin variaciones.



**Figura 58: Movimiento del maneral**

- Al terminar la última capa de acabado (vista), la secuencia de los cordones deberá presentarse como indica la Figura 59.



**Figura 59: Secuencia de cordones**

## ***Práctica No. 1 para proceso GMAW en tuberías***

### ***Tema: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 1G)***

#### **Materiales:**

Dos tramos de tubo (de acero bajo carbono) de 100mm de longitud con espesor de pared de 7mm, los bordes preparados con un bisel de 37.5° por lado, y un tacón de 2.4mm

- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

#### ***Parámetros operacionales (Pase de fondeo):***

- Amperaje: 175 a 180
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### ***Parámetros operacionales (Pase de vista):***

- Amperaje: 175 a 180
- Voltaje: 21 a 22
- Velocidad de avance de la soldadura: 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### ***Definición:***

Unión de dos tramos de tubo de 6", cédula 40 con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 37.5° por lado, con una separación de raíz de 2.4mm y un tacón de 2.4mm.

#### ***Preparación de la probeta:***

- La unión se deberá preparar de tal manera que quede una separación de raíz de 2.4mm en toda la circunferencia.
- El apuntado de la unión se puede efectuar por medio de 4 puntos dividiéndolos en los 360° (1 punto cada 90°). Estos puntos se pueden sustituir por 4 pequeños puentes.

#### ***Procedimiento:***

- El cordón de fondeo se aplicará manteniendo un ángulo transversal de la boquilla de 90° y un ángulo de arrastre de 45°, aplicando un movimiento operativo del maneral como muestra la Figura 60 hasta el final de toda la unión.



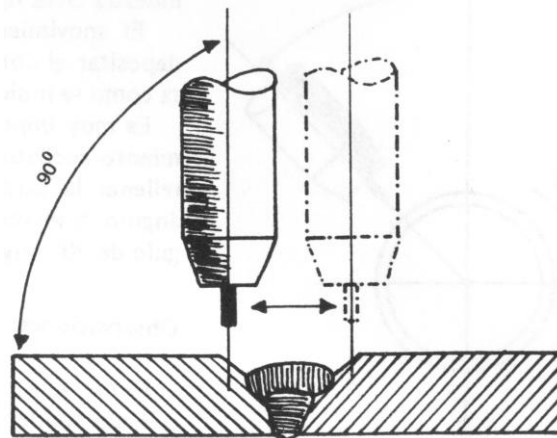
**Figura 60: Movimiento del maneral, cordón de fondeo**

- El pase de vista se mantendrá el ángulo transversal de la boquilla en  $90^\circ$  mientras el ángulo longitudinal por esta operación se llevará en los  $20^\circ$ .
- El movimiento del maneral para depositar el cordón de vista se aplicará como se indica en la Figura 61.



**Figura 61: Movimiento del maneral, cordón de vista**

- Es muy importante que en el movimiento oscilatorio de la boquilla para rellenar la garganta del bisel, que el ángulo transversal no cambie su ángulo de  $90^\circ$  (Figura 62).



**Figura 62: Movimiento oscilatorio de la boquilla**

## **Práctica No. 2 para proceso GMAW en tuberías**

### **Tema: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 2G)**

#### **Materiales:**

- Dos tramos de tubo (de acero bajo carbono) de 100mm de longitud con espesor de pared de 7mm, los bordes preparados con un bisel de 37.5° por lado, y un tacón de 2.4mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

#### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 12.5 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### **Parámetros operacionales (Pase caliente y vista):**

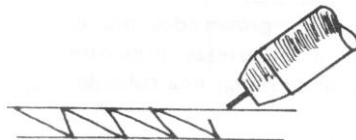
- Amperaje: 125 a 130
- Voltaje: 19 a 20
- Velocidad de avance de la soldadura: 9 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar a la de la práctica 1 de soldadura GMAW en tuberías.

#### **Procedimiento:**

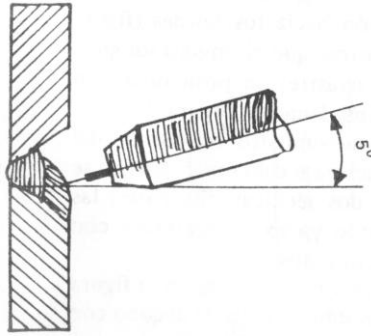
- La probeta se posicionará de tal manera que el eje de tubo quede en posición vertical fija y la unión por soldar quede en posición horizontal. Durante la operación de soldadura de pase de fondeo, la boquilla deberá mantenerse en un ángulo lateral de 5° a 10° y un ángulo longitudinal (de arrastre de 15° a 20°) llevando un movimiento del maneral como se muestra en la Figura 63.



**Figura 63: Movimiento del maneral**

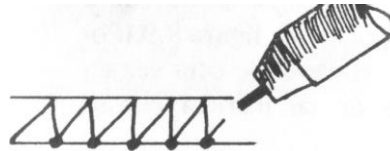
- Para la aplicación del segundo pase el ángulo lateral se deberá mantener en la posición indicada con la Figura 64 sin que el ángulo longitudinal varíe.





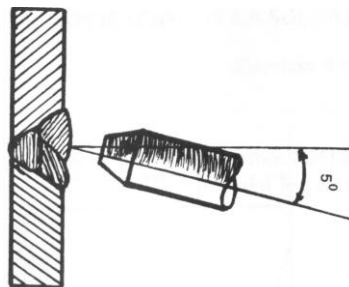
**Figura 64: Posición de la boquilla**

- El movimiento del maneral para el segundo y tercer cordón será como se indica en la Figura 65 llevando una pequeñísima pausa en el borde inferior (igual que la práctica 15).



**Figura 65: Movimiento del maneral**

- Para el tercer pase, el ángulo lateral se llevará como se indica en la Figura 66 con un ángulo longitudinal de arrastre de  $15^{\circ}$  a  $20^{\circ}$ .



**Figura 66: Posición de la boquilla**

## **Práctica No. 3 para proceso GMAW en tuberías**

**Tema: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5G) I**

### **Materiales:**

- Dos tramos de tubo (de acero bajo carbono) de 100mm de longitud con espesor de pared de 7mm, los bordes preparados con un bisel de 37.5° por lado, y un tacón de 2.4mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase caliente):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 7.5 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Parámetros operacionales (Pase de vista):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 6 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

### **Definición:**

Unión de dos tramos de tubo de acero (bajo carbono) de 6" de diámetro y cédula 40, con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 37.5° por lado y con una separación de raíz de 2.4mm y un tacón de 2.4mm.

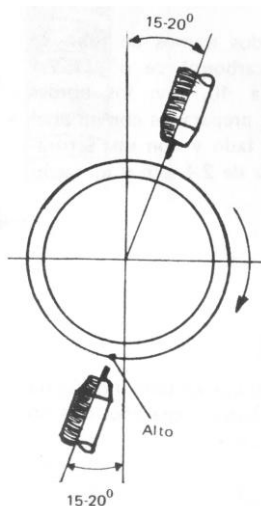
### **Preparación de la probeta:**

- Similar a la de la práctica 1 de soldadura GMAW en tuberías.

### **Procedimiento:**

- Para aplicar la soldadura en esta posición se debe posicionar la probeta en un soporte apósito fijado en la mesa de trabajo, de tal manera que el eje del tubo quede fijo en posición horizontal.
- El pase de fondeo se aplicará en la probeta con la técnica de depósito descendente (algunos la conocen por escurrido), empezando el cebado

del arco por la parte superior del tubo manteniendo el ángulo longitudinal (de arrastre) como se indica en la Figura 67 ( $15^{\circ}$  a  $20^{\circ}$  aproximadamente) hasta completar la primera mitad de la unión. El ángulo transversal se mantendrá en todo el recorrido en  $90^{\circ}$  y aplicando un movimiento oscilatorio descendente. Durante la oscilación el ángulo transversal de al boquilla debe quedar fijo en  $90^{\circ}$ .



**Figura 67: Posición de la boquilla**

- Al terminar la primera mitad del tubo, se rebajará con el esmeril un poco de arranque y de la terminación del cordón. Luego se empezará a aplicar el cordón de fondeo en la segunda mitad de la probeta, manteniendo todos los factores iguales a los de la primera mitad.
- Cuando se termine la segunda mitad, se aplicará un pequeño pase de limpieza con esmeril a todo el cordón. Esta limpieza será importante para eliminar algunos depósitos provocados por el chisporroteo e impurezas presentes casi siempre al terminar una soldadura.
- El pase caliente y de vista se aplicarán manteniendo invariado el ángulo transversal ( $90^{\circ}$ ), durante el recorrido de oscilación hacia los bordes, mientras que el ángulo longitudinal (de arrastre) se posicionará en  $30^{\circ}$  aproximadamente.

## **Práctica No. 4 para proceso GMAW en tuberías**

### **Tema: Aplicación de la soldadura GMAW en tuberías (posición 5G) II**

#### **Materiales:**

- Dos tramos de tubo (de acero bajo carbono) de 100mm de longitud con espesor de pared de 7mm, los bordes preparados con un bisel de 37.5° por lado, y un tacón de 2.4mm
- Alambre electrodo: AWS-E70S-3 de 0.35" de diámetro
- Gas de protección: dióxido de carbono

#### **Parámetros operacionales (Pase de fondeo):**

- Amperaje: 120 a 130
- Voltaje: 20 a 21
- Velocidad de avance de la soldadura: 12 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### **Parámetros operacionales (Pase caliente y vista):**

- Amperaje: 100 a 110
- Voltaje: 18 a 19
- Velocidad de avance de la soldadura: 5 a 6 PPM
- Salida del gas de protección: 25 PCPH

#### **Definición:**

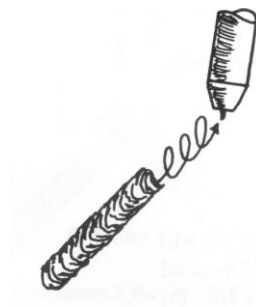
Unión de dos tramos de tubo de acero (bajo carbono) de 6" de diámetro y cédula 40, con los bordes enfrentados y preparados con un bisel de 37.5° por lado y con una separación de raíz de 2.4mm y un tacón de 2.4mm.

#### **Preparación de la probeta:**

- Similar a la de la práctica 1 de soldadura GMAW en tuberías.

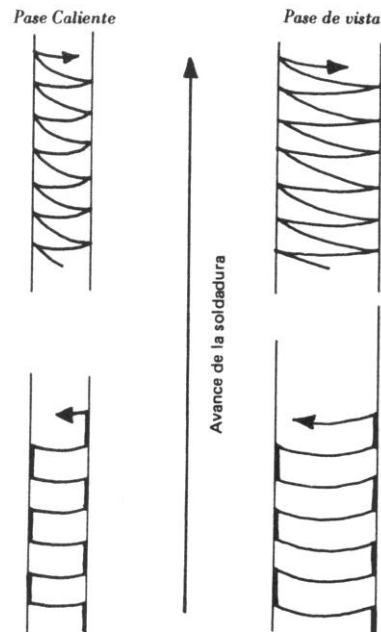
#### **Procedimiento:**

- El pase de fondeo se aplicará con la técnica descendente (Figura 68).



**Figura 68: Movimiento del maneral, pase de fondeo**

- El pase caliente y el pase de vista se aplicarán con el método ascendente, o sea de abajo hacia arriba, empezando los cordones de la posición inferior de la unión (sobre cabeza) hasta terminar en la parte superior (posición plana).
- El ángulo transversal durante la aplicación de los cordones será de 15° a 20°, mientras que el ángulo se mantendrá en 90°. Durante el movimiento oscilatorio la boquilla debe mantenerse siempre con los mismos grados.
- La técnica de oscilación durante el depósito del pase caliente y de vista se presenta en dos versiones (Figura 69).



**Figura 69: Movimiento del maneral, depósito en caliente y de vista**



**ANEXO VII: POSICIONES DE SOLDADURA PARA CALIFICACIÓN DE HABILIDAD DE SOLDAR**

**Tabla 1: Posiciones de soldadura**

PRUEBA DE CALIFICACION		POSICION Y TIPO DE SOLDADURA (1)		
		RANURA		FILETE
SOLDADURA	POSICION	Placa y Tubo arriba de 24 pulg.	Tubo menor o igual 24 pulg.	Placa y Tubo
Placa - Ranura	1G	F	F (2)	F
	2G	F,H	F, H (2)	F, H
	3G	F,V	F (2)	F, H, V
	4G	F,O	F (2)	F, H, O
	3G y 4G	F,V,O	F (2)	Todas
	2G, 3G y 4G	Todas	F, H (2)	Todas
	SP	SP,F	SP, F	SP, F
Placa - Filete	1F	----	----	F (2)
	2F	----	----	F, H (2)
	3F	----	----	F, H, V (2)
	4F	----	----	F, H, O (2)
	3F y 4F	----	----	Todas
	SP	----	----	SP, F (2)
Tubo - Ranura (3)	1G	F	F	F
	2G	F,H	F,H	F,H
	5G	F,V,O	F,V,O	Todas
	6G	Todas	Todas	Todas
	2G y 5G	Todas	Todas	Todas
	SP	SP,F	SP,F	SP,F
Tubo - Filete (3)	1F	----	----	F
	2F	----	----	F,H
	2FR	----	----	F,H
	4F	----	----	F, H, O
	5F	----	----	Todas
	SP	----	----	SP,F

(1): Posiciones de soldadura: F = Plana, H = Horizontal, V = Vertical, O = Sobrecabeza, SP = Special Position

(2): Tubo mayor a 2 1/8 pulg. de diámetro exterior

(3): Restricciones de diámetro

**Fuente:** ASME IX QW – 461.9

**ANEXO VIII:** PLANO CON LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LA PLANTA, FACHADAS Y DIMENSIONES FINALES DEL CENTRO DE SERVICIOS EN SOLDADURA



**ANEXO IX: PRECIOS DE HERRAMIENTAS, MAQUINARIA, MOBILIARIO GENERAL, GASTOS PREOPERATIVOS Y OBRAS FÍSICAS PARA EL CENTRO DE SOLDADURA**

**Tabla 1: Precios de Mobiliario General y equipo de oficina**

<b>MOBILIARIO GENERAL Y EQUIPO DE OFICINA</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
CANCELES	18	0,60 x 0,60 x 0,40 m	12.00	216.00
PIZARRONES TIZA LÍQUIDA	4	2,00 x 1,20 m	42.00	168.00
PANTALLA PARA PROYECCIONES	1		85.00	85.00
CARTELERAS	3	1,00 x 0,80 m	15.00	45.00
MESAS PARA ESTUDIANTE	15		20.00	300.00
SILLAS PARA ESTUDIANTE	15		15.00	225.00
MESA DEMOSTACIONES EN EL AULA	1		63.00	63.00
ESCRITORIO PARA INSTRUCTOR	1		48.00	48.00
SILLA PARA INSTRUCTOR	1		15.00	15.00
MESA SALA DE REUNIONES	1		150.00	150.00
SILLAS SALA DE REUNIONES	6		22.99	137.94
MESA DE CENTRO PARA ESPERA	1		19.99	19.99
SILLONES PARA ESPERA	4		87.50	350.00
ARCHIVADORES PARA OFICINA	3		70.00	210.00
ESCRITORIO PARA OFICINA	2		79.00	158.00
MESA PARA COMPUTADORA	1		119.00	119.00
SILLAS PARA OFICINA	8		26.99	215.92
ESCRITORIO PARA GERENCIA	1		148.99	148.99
LIBRERO PARA GERENCIA	1		108.00	108.00
SILLA PARA GERENCIA	1		69.99	69.99
MESAS PARA OFICINA	3		38.70	116.10
MUEBLE PARA HERRAMIENTAS BODEGA	1		285.99	285.99
ESTRUCTURA METÁLICA PARA BODEGA	1		30.00	30.00
MUEBLE PARA MATERIALES DE BODEGA	1		95.33	95.33
BANCAS PARA TALLER	3		34.99	104.97
BASUREROS PEQUEÑOS	14		11.75	164.50
BASUREROS PARA TALLER	3		18.95	56.85
PUERTA LANFORT	1		365.40	365.40
PUERTA ACCESO PRINCIPAL	5		149.99	749.95
PUERTAS	14		63.75	892.50
CERRADURA PARA ACCESO PRINCIPAL	5		79.99	399.95
CERRADURAS PUERTAS	14		9.99	139.86
TELÉFONO - FAX	1		97.99	97.99
IMPRESORA MULTIPROCESO	1		100.00	100.00
REGULADOR DE VOLTAJE	4		26.06	104.24
CORTA PICOS	4	6 tomas	6.23	24.92
TELÉFONOS	3		68.75	206.25
DISPENSADOR DE AGUA	1		162.00	162.00
<b>SUBTOTAL 1</b>				<b>6949.63</b>

**Tabla 2: Precios de Equipo de Taller y Herramientas**

<b>Equipo para taller y herramientas</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tamaño</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>P. Total</b>
MESAS DE TRABAJO CON EXTRACTOR DE GASES	7		105,00	735,00
VENTILADORES INDUSTRIALES	3		178,50	535,50
LÁMPARAS INDUSTRIALES	10		38,30	383,00
MESAS DE TRABAJO PARA TALLER	3	1,80 x 1,00 m	125,35	376,05
DUCTO FLEXIBLE	25	6"ø	11,58	289,50
ENTENALLAS	3	8"	54,99	164,97
ESMERIL	1	8"	99,00	99,00
AMOLADORA	1	9" 5800rpm	159,95	159,95
TALADRO	1	1900rpm	43,86	43,86
COMPRESOR	1	135 psi, 60 gal, 7 HP	689,00	689,00
BOMBA DE AGUA	1	1,5 HP	342,94	342,94
EQUIPO DE SOLDADURA	5			20326,68
EQUIPO PARA END	8			27320,00
KIT PARA OXICORTE	1		235,45	235,45
CARRO PARA TRANSPORTAR MATERIALES	1		64,99	64,99
PIQUETAS	7		8,05	56,35
MARTILLOS	2		7,96	15,92
CEPILLOS METÁLICOS	7		3,16	22,12
LIMAS BASTARDAS	7		5,64	39,48
ARCO DE CIERRA	7		4,56	31,92
FLEXÓMETRO	7	5 m	2,00	14,00
ESCUADRA 90°	4		3,56	14,24
CALIBRADOR (PIE DE REY)	7		14,41	100,87
JUEGO DE GALGAS	1		4,64	4,64
CATETÓMETRO	1		29,65	29,65
MULTÍMETROS	2		34,22	68,44
TERMOCUPLAS	4		13,65	54,60
CRONÓMETROS	2		14,99	29,98
JUEGO DE BROCAS, PUNTAS Y CIERRAS	1	125 piezas	24,79	24,79
JUEGO DE ALICATES	2	3 piezas	4,92	9,84
JUEGO DE DESARMADORES	1	10 piezas	9,87	9,87
GUANTES DE CUERO	7		7,47	52,29
POLAINAS	7		8,57	59,99
MANGAS	7		6,35	44,45
DELANTALES	7		5,17	36,19
CASCOS PROTECCIÓN VIRUTA	4		23,00	92,00
CASCOS PROTECCIÓN ARCO ELÉCTRICO	6	sombra # 12	28,87	173,22
EXTINTOR	3	5 lb	59,72	179,16
<b>SUBTOTAL 2</b>				<b>52929,90</b>

**Tabla 3: Precios de Equipos de Soldadura**

<b>EQUIPO DE SOLDADURA</b>				
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>VALOR + IVA</b>	<b>TOTAL</b>
TIG - SMAW	2	4782.92	5356.87	10713.74
MIG - FCAW	2	4119.17	4613.47	9226.94
SMAW	1	344.64	386.00	386.00
<b>SUBTOTAL 3</b>				<b>20326.6816</b>

**Tabla 4: Precios de Equipos para END**

<b>EQUIPO PARA END</b>			
<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>TOTAL</b>
GAMMAGRAFÍA	1	11800,00	11800,00
ULTRASONIDO	1	13000,00	13000,00
PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	1	2520,00	2520,00
<b>SUBTOTAL 4</b>			<b>27320,00</b>

**Tabla 5: Precios de las obras físicas**

<b>OBRAS FISICAS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>TRABAJOS PRELIMINARES:</b>				
LIMPIEZA DE TERRENO	M2	396,00	0,35	138,60
REPLANTEO Y NIVELACIÓN	M2	396,00	0,55	217,80
EXCAVACION DE CIMIENTOS Y PLINTOS	M3	38,65	3,26	126,01
CIMIENTOS DE PIEDRA	M3	51,54	52,47	2704,09
RELLENO Y COMPACTADO	M3	40,00	2,65	106,00
DESALOJO	M3	20,00	5,14	102,80
CONTRAPISO	M2	396,00	9,53	3773,88
MASILLADO DE PISO	M2	396,00	4,23	1675,08
<b>HORMIGÓN EN:</b>				
LOZA	M3	46,80	99,50	4656,60
REPLANTILLO	M3	9,30	72,00	669,60
PLINTOS	M3	13,65	91,20	1244,88
COLUMNAS	M3	31,28	99,50	3112,36
CADENAS INFERIORES	M3	3,62	91,20	330,47
<b>HIERRO EN:</b>				
PARRILAS DIAM 12 M.M.	KG	437,10	1,25	546,38
COLUMNAS DIAM. 12 MM	KG	1162,55	1,25	1453,19
CADENAS INFERIORES DIAM.10 MM	KG	405,85	1,25	507,31
HIERRO PARA ESTRIBOS DIAM.8 MM	KG	910,12	1,25	1137,66
LOZA DIAM. 12MM	KG	4286,52	1,25	5358,15
LOZA DIAM. 8MM	KG	1428,84	1,25	1786,05
<b>MAMPOSTERIA:</b>				
MAMPOSTERIA DE BLOQUE 0.15 CM	M2	529,96	9,40	4981,59
<b>ENLUCIDOS:</b>				
ENLUCIDO VERTICAL	M2	1059,91	4,20	4451,64
<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS:</b>				
PUNTO DE LUZ	PTO	35,00	18,50	647,50
TOMACORRIENTES	PTO	25,00	18,50	462,50
TABLERO DE DISTRIBUCION	U	2,00	55,20	110,40
ACOMETIDA MEDIDOR	ML	100,00	4,25	425,00
<b>INSTALACIONES HIDRO-SANITARIAS:</b>				
PUNTO AGUA FRIA	PTO	10,00	16,20	162,00
PUNTO AGUAS SERVIDAS 110 MM	PTO	4,00	24,30	97,20
PUNTO AGUAS SERVIDAS 50 MM	PTO	11,00	18,64	205,04
CAJA DE REVISION 0.60*0.60*0.60 M	U	3,00	24,00	72,00
<b>OBRAS EXTERIORES:</b>				
VEREDA PERIMETRAL	M2	128,55	11,31	1453,90
LIMPIEZA Y DESALOJO	M3	78,00	5,14	400,92
<b>PISO:</b>				
ENLUCIDO HORIZONTAL	M2	165,00	3,36	554,40
BALDOSA	M2	195,00	15,00	2925,00

**Tabla 5: Precios de las obras físicas (Continuación)**

<b>OBRAS FISICAS</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>P. TOTAL</b>
<b>BAÑOS:</b>				
REVESTIMIENTO VERTICAL	M2	165,00	14,80	2442,00
TRAMPA DE PISO	M2	4,00	4,00	16,00
BORDE URINARIO	M	1,00	24,00	24,00
INODOROS	U	4	106,73	426,92
URINARIO	U	1	61,46	61,46
LAVABOS	U	4	52,36	209,44
MUEBLE PARA LAVABO	U	4	108,19	432,76
SECADOR DE MANOS	U	2	170,49	340,98
ESPEJOS CON GABINETE	U	4	46,51	186,04
SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA	U	1	62,87	62,87
ACCESORIOS PARA BAÑOS	U	4	19,99	79,96
DUCHAS ELÉCTRICAS	U	2	12,47	24,94
GRIFOS PARA LAVABOS	U	4	15,55	62,20
DISPENSADOR DE JABÓN	U	4	17,13	68,52
DISPENSADOR DE PAPEL HIGIÉNICO	U	2	16,35	32,70
<b>ADICIONALES:</b>				
VENTANAS DE ALUMINIO	M2	56,54	36,00	2035,35
PINTURA DE TUMBADO	M2	396,00	2,00	792,00
TEXTURA INTERIOR	M	529,96	2,30	1218,90
GRAFIADO EXTERIOR	M	529,96	3,50	1854,85
<b>LABORATORIO DE END:</b>				
CONSTRUCCIÓN	U	1,00	1500,00	1500,00
<b>SUBTOTAL 5</b>				<b>58467,89</b>

**Tabla 6: Gastos de inversión Preoperativos para el Centro de Servicios en Soldadura**

<b>GASTOS PREOPERATIVOS</b>			
<b>CAPACITACIÓN INSPECCIÓN EN SOLDADURA</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>INVERSIÓN</b>
INSPECCIÓN DE SOLDADURA; D1.1, API 1104, VISUAL...	1	1365,00	1365,00
VIATICOS	1	300,00	300,00
TRANSPORTE	1	700,00	700,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>2365,00</b>
<b>CAPACITACIÓN INSPECCIÓN EN END</b>			
SEMINARIO DE ENSAYOS RADIOGRÁFICOS	1	775,00	775,00
SEMINARIO DE ENSAYOS CON PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	1	525,00	525,00
SEMINARIO DE ENSAYOS CON ULTRASONIDO	1	775,00	775,00
VIATICOS	1	400,00	400,00
TRANSPORTE	1	700,00	700,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>3175,00</b>

**Tabla 6: Gastos de inversión Preoperativos para el Centro de Servicios en Soldadura (Continuación)**

<b>GASTOS PREOPERATIVOS</b>			
<i>PARÁMETRO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>VALOR</i>	<i>INVERSIÓN</i>
<b>ADQUISICIÓN DE CÓDIGOS Y NORMAS</b>			
AWS D1.1 2006	1	376,00	376,00
AWS D1.3	1	100,00	100,00
AWS D1.5	1	156,00	156,00
AWS A5.01 - A5.31	31	48,00	1488,00
ASME IX 2004	1	385,00	385,00
ASME II PARTE A 2004	1	510,00	510,00
ASME II PARTE C 2004	1	510,00	510,00
ASME V 2004	1	370,00	370,00
ASME B31.1 2004	1	265,00	265,00
ASME B31.3 2004	1	328,00	328,00
API 1104 2005	1	390,00	390,00
ISO 9712 (CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN PERSONAL END)	1	108,00	108,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>4986,00</b>
<b>LABORATORIOS DE END (RADIOGRAFIA)</b>			
LICENCIA INSTITUCIONAL	1	4,00	4,00
LICENCIA DE IMPORTACIÓN	1	300,00	300,00
AUTORIZACIÓN DE SEGURIDAD	1	150,00	150,00
AUTORIZACIÓN DE IMPORTACIÓN DE EQUIPOS	1	5,00	5,00
CERTIFICACIÓN Y CÁLCULO DE BLINDAJE	1	200,00	200,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>659</b>
<b>PLAN DE MARKETING Y VENTAS</b>			
DESARROLLO DEL PLAN	1	500,00	500,00
PUBLICIDAD			1000,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>1500,00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>12685,00</b>

**Tabla 7: Capacitación del Personal para el 3er. Año de operación**

<b>CAPACITACION DEL PERSONAL TÉCNICO DEL CENTRO DE SOLDADURA (TERCER AÑO OPERACIÓN)</b>			
<i>ACTIVIDAD</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>VALOR</i>	<i>PRECIO</i>
SEMINARIO Y EXAMEN PARA INSPECTOR DE SOLDADURA	1	2115,00	2115,00
EXAMEN ADICIONAL PARA CWI y CWE	1	140,00	140,00
VIATICOS	1	400,00	400,00
TRANSPORTE	1	1000,00	1000,00
<b>TOTAL</b>			<b>3655,00</b>
SEMINARIO Y EXAMEN INTERPRETACIÓN RADIOGRAFÍA	1	1890,00	1890,00
VIATICOS	1	400,00	400,00
TRANSPORTE	1	1000,00	1000,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>3290,00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>6945,00</b>

**ANEXO X: DIAGRAMA DE GANTT PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE SOLDADURA**

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASME. BPVC-IX-2000. BPVC Section IX-Welding and brazing qualifications.
- ASME. BPVC-V-2000. BPVC Section V-Nondestructive examination.
- ASME. BPVC-IIC-2000. BPVC Section II C-Specifications for welding rods electrode and filler metals.
- API. Código API 1104 para calificación de procedimientos y soldadores en cañerías.1999
- HORWITZ. Soldadura. Tercera ed. 1998
- SAPAG, N y SAPAG, R. Preparación y evaluación de proyectos. Tercera ed. Mc. Graw – Hill. Marzo 1998. Capítulos 8 y 9.
- CHASE, R y AQUILANO, N. Dirección y administración de la producción y de las operaciones. Sexta ed. México. Mc Graw – Hill. 1998. Capítulo 8.
- PIREDDA, M. Manual de Soldadura. Vol. 1.
- PIREDDA, M. Manual de Soldadura. Vol. 2.
- PIREDDA, M. Manual de Soldadura. Vol. 3.
- PIREDDA, M. Manual de Soldadura. Vol. 4.
- ECUADOR, CUERPO DE BOMBEROS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. Reglamento de prevención de incendios. 1991. pp. 81-90, 97-112.
- ECUADOR, LEY DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS. 2002.
- Manual de protección contra incendios. Decimoséptima ed. Editorial MAPFRE. Capítulo: Detectores de humo y ventiladores.
- MARKS. Manual del ingeniero mecánico. Mc Graw – Hill.
- [www.asme.org](http://www.asme.org)
- [www.api.org](http://www.api.org)
- [www.aws.org](http://www.aws.org)
- [www.cnsns.gob.mx](http://www.cnsns.gob.mx)
- [www.aaende.org.ar](http://www.aaende.org.ar)
- [www.westarco.com](http://www.westarco.com)
- [www.empresario.com.co/inspeq](http://www.empresario.com.co/inspeq)
- [www.ndtmart.com](http://www.ndtmart.com)