

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DETERMINACIÓN DE ESTÁNDARES DE CONSUMO DE MATERIALES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE PARA LA DIVISIÓN INDUSTRIAL DE FMSB “SANTA BÁRBARA” S.A.

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

DIEGO BURNEO E.

SANTIAGO JARAMILLO V.

DIRECTOR: ING. TELMO SÁNCHEZ

CODIRECTOR: ING. CARLOS NARANJO

Sangolquí, 2006-07-24

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DETERMINACIÓN DE ESTÁNDARES DE CONSUMO DE MATERIALES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE PARA LA DIVISIÓN INDUSTRIAL DE FMSB SANTA BÁRBARA S.A.” fue realizado en su totalidad por Diego Burneo y Santiago Jaramillo, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Telmo Sánchez
DIRECTOR

Ing. Carlos Naranjo
CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-07-24

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“DETERMINACIÓN DE ESTÁNDARES DE CONSUMO DE
MATERIALES EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y
CORTE PARA LA DIVISIÓN INDUSTRIAL DE FMSB “SANTA
BÁRBARA S.A.”**

ELABORADO POR:

Diego Burneo E.

Santiago Jaramillo V.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

MAYOR. de E. Ing. Edgar Pazmiño.

DECANO

Sangolquí, 2006-07-24

DEDICATORIA

La realización de este proyecto la dedico principalmente a mis padres ya que siempre confiaron en mí y nunca claudicaron con su apoyo para que pueda ser un gran profesional y una mejor persona.

Por otra parte agradezco a todas las personas que me han apoyado durante toda mi carrera, estas personas son las responsables de de que yo haya podido concluir con mis estudios profesionales con constancia y honradez.

Diego Efrén Burneo Encalada

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres por haberme dado la vida y la oportunidad para poder formarme como persona y como profesional; sin duda alguna la culminación de esta etapa no hubiese sido posible sin el cariño y el apoyo de ellos. A Dios por guiarme y saberme llevar por el camino del bien y a todos mis allegados por confiar en mí y apoyarme en cada paso que di.

**Christian Santiago Jaramillo
Valdivieso**

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos dado la fuerza y la valentía para sobrellevar todos los problemas y dificultades que la vida nos ha impuesto en el transcurso de nuestra carrera.

A nuestros padres por haber sido los principales gestores de nuestros logros, tanto morales como espirituales

A la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” y a todas personas que trabajan en ella, tanto de la división de armas y municiones, división industrial como personal administrativo, por el apoyo brindado en la elaboración de este proyecto.

A su vez, nuestro más sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPE por el compromiso de entregar profesionales capaces de sobresalir en todos los ámbitos que exige nuestra sociedad para contribuir con el desarrollo de nuestro país. Específicamente, quiero manifestar mi gratitud y respeto al Señor Ingeniero Telmo Sánchez, Director de Tesis, quien a más de su apoyo incondicional nos brindó su amistad y al Señor Ingeniero Carlos Naranjo, Codirector de la misma, por todos los conocimientos impartidos y su notable capacidad para formarnos como profesionales autosuficientes y honrados.

Para finalizar, deseamos agradecer a todos nuestros profesores, compañeros y amigos, ya que siempre nos estuvieron apoyando de una u otra manera en la ejecución de este proyecto y por ser una pieza fundamental dentro de nuestra formación académica y espiritual

Diego Burneo y Santiago Jaramillo

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii-xiii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xiv-xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvi-xvii
RESUMEN	xvii-xix
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES.....	20
1.1. Antecedentes	20
1.2. Definición del problema.....	21
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Alcance	22
1.5. Justificación e Importancia.....	22
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Procesos de Soldadura	23
2.1.1 Proceso SMAW	23
2.1.1.1 Concepto.....	23
2.1.1.2 Equipo	23
2.1.1.3 Principios de Operación	24
2.1.1.4 Características de los electrodos revestidos	25
2.1.1.4.1 Función del revestimiento	26
2.1.1.5 Defectos	27
2.1.1.6 Fuentes de Poder.....	28

2.1.1.6.1	Clasificación de las fuentes de poder.....	28
2.1.2	Proceso GMAW.....	30
2.1.2.1	Concepto.....	30
2.1.2.2	Equipo.....	30
2.1.2.3	Principios de Operación.....	31
2.1.2.4	Características de los electrodos sin revestimiento.....	32
2.1.2.5	Defectos.....	32
2.1.2.6	Fuentes de Poder.....	33
2.1.2.6.1	Clasificación de las fuentes de poder.....	33
2.1.2.7	Gases Utilizados.....	34
2.1.2.8	Modos de Transferencia.....	38
2.1.2.8.1	Aplicación de los modos de transferencia.....	39
2.1.2.9	Parámetros de soldadura.....	40
2.1.2.9.1	Parámetros eléctricos.....	41
2.1.2.9.1	Parámetros operativos.....	42
2.1.3	Proceso FCAW.....	45
2.1.3.1	Concepto.....	45
2.1.3.2	Equipo.....	46
2.1.3.3	Principios de operación.....	46
2.1.3.4	Características de los electrodos.....	46
2.1.3.4.1	FCAW protegida con gas.....	47
2.1.3.4.2	FCAW co auto protección.....	48
2.1.3.5	Defectos.....	49
2.1.3.6	Fuentes de poder.....	49
2.1.3.7	Parámetros de soldadura.....	49
2.2	Pocesos de corte.....	50
2.2.1	Proceso Oxicorte (OFC-A).....	50
2.2.1.1	Concepto.....	50
2.2.1.2	Equipo.....	51
2.2.1.3	Principios de operación.....	52
2.2.1.4	Tipos de oxicorte.....	54
2.3	Especificación de los procedimientos de soldadura.....	55
2.3.1	Parte A Requerimientos generales.....	56
2.3.2	Parte B Especificación del procedimiento de soldadura.....	57

2.3.2.1	Inspección visual	57
2.3.2.1	Ensayos no destructivos	57
2.3.2.1	Doblado de cara y raíz	58
2.3.2.1	Ensayo de tracción.....	59
2.3.2.1	Macrografía	59
2.3.3	Parte C Calificación del personal de soldadura.....	60
CAPÍTULO 3. DEFINICIÓN DE TIPOS DE JUNTAS A SER SOLDADAS		61
3.1.	Determinación de tipos de junta a soldar	61
3.1.1	Junta FMSB-DI-WPS-01	61
3.1.1.1	Descripción	61
3.1.1.2	Representación	62
3.1.2	Junta FMSB-DI- WPS-02	62
3.1.2.1	Descripción	62
3.1.2.2	Representación	63
3.1.3	Junta FMSB-DI- WPS-03	63
3.1.3.1	Descripción	63
3.1.3.2	Representación	64
3.1.4	Junta FMSB-DI- WPS-04	64
3.1.4.1	Descripción	64
3.1.4.2	Representación	65
3.1.5	Junta FMSB-DI- WPS-05	65
3.1.5.1	Descripción	65
3.1.5.2	Representación	66
3.1.6	Junta FMSB-DI- WPS-06	66
3.1.6.1	Descripción	66
3.1.6.2	Representación	67
3.1.7	Junta FMSB-DI- WPS-07	67
3.1.7.1	Descripción	67
3.1.7.2	Representación	68
3.2.	Elaboración de Procedimientos de Soldadura WPS	68
3.3	Calificación y Comprobación del WPS (PQR).....	69
3.3.1.	Calificación de la junta FMSB-DI- WPS-06	71

3.3.2	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-01	74
3.3.3	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-02	74
3.3.4	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-03	75
3.3.5	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-04	75
3.3.6	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-05	76
3.3.7	Comprobación de la junta FMSB-DI- WPS-07	76

CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE 78

4.1.	Determinación y control de variables dentro de los procesos	78
4.1.1	Procesos de soldadura.....	78
4.1.1.1	Separación de las probetas	78
4.1.1.2	Separación entre cordones de soldadura	79
4.1.1.3	Amperaje, Voltaje y velocidad de suministro de alambre.....	80
4.1.1.4	Velocidad de avance	81
4.1.1.5	Entrega de gas de protección	81
4.1.2	Proceso de Oxicorte	81
4.1.2 .1.	Presión de oxígeno y acetileno	81
4.1.2 .2.	Distancia de la boquilla al material	82
4.1.2 .3.	Velocidad de avance del corte.....	83
4.1.2 .4.	Tipo y número de boquilla.....	84
4.2.	Determinación del número de ensayos a realizar.....	85
4.2.1.	Diseño estadístico de experimentos (DEE).....	85
4.2.1.1.	Características del (DEE).....	85
4.2.1.2.	La experimentación	86
4.2.2.	Procedimiento para la realización de ensayos de soldadura	88
4.2.3.	Procedimiento para la realización de ensayos de corte	90

CAPÍTULO 5. EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y OBTENCIÓN DE DATOS 93

5.1.	Ejecución de ensayos de soldadura.....	93
5.1.1.	Proceso SMAW	93
5.1.1.1	Procedimiento E7018.....	93

5.1.2.	Proceso GMAW.....	98
5.1.2.1	Procedimiento ER70S-6.....	98
5.1.3.	Proceso FCAW.....	103
5.1.3.1	Procedimiento E71T-1.....	103
5.1.3.2	Procedimiento E81T1-Ni2	108
5.2.	Ejecución de ensayos de Corte	113
5.2.1.	Proceso OFC - A.....	113
5.2.1.1	Procedimiento	113
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CONSUMO DE MATERIAL		115
6.1.	Análisis Estadístico	115
6.1.1	Determinación de curvas.....	115
6.1.2	Obtención de curvas de soldadura.....	117
6.1.2.1	Proceso SMAW electrodo E7018.....	117
6.1.2.2	Proceso GMAW electrodo ER70S-6	122
6.1.2.3	Proceso FCAW electrodo E71T-1	137
6.1.2.4	Proceso FCAW electrodo E81T1-Ni2.....	152
6.1.3	Obtención de curvas de corte	166
6.1.3.1	Curvas de oxígeno	166
6.1.3.2	Curvas de acetileno.....	167
6.2.	Análisis de las curvas de consumo	168
6.2.1	Proceso SMAW E7018.....	168
6.2.2	Proceso GMAW ER70S-6.....	170
6.2.3	Proceso FCAW E71T-1	172
6.2.4	Proceso FCAW E81T1-Ni2	174
6.2.5	Ejemplos de cálculo	176
6.2.5.1	Procedimiento	181
CAPITULO 7. ANÁLISIS ECONÓMICO		181
7.1.	Inversión en el estudio	181
7.1.1	Análisis de costos.....	181
7.2.	Costo beneficio.....	182

7.2.1	Consumo de material	183
7.2.1.1	Cálculo del perfil I.....	183
7.2.1.1	Cálculo del los rigidizadores.....	184
7.2.1.1	Cálculo del gas de protección	185
7.3.	Ahorro esperado.....	187
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		190
8.1	Conclusiones.....	190
8.1	Recomendaciones.....	191
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		
ANEXO A: Planos de fabricación.....		
ANEXO A1: Planos de los cupones de las juntas soldadas.....		
ANEXO A2: Planos de las juntas para ensayos de doblado		
ANEXO A3: Planos de las juntas para ensayos de tracción		
ANEXO B: Plano de la viga para el cálculo del costo - beneficio.....		
ANEXO C: Calificaciones de procedimiento.....		
ANEXO C1: WPS.....		
ANEXO C2: WPQR..... :		
ANEXO D: PQR		
ANEXO E: Certificaciones.....		
ANEXO F: Costos de materia prima e insumos		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Circuito básico de un proceso SMAW	24
Figura 2.2	Principio de operación del proceso de soldadura SMAW	25
Figura 2.3	Principio de operación del proceso de soldadura GMAW	32
Figura 2.4.	Formación del cordón en el proceso GMAW con CO2	36

Figura 2.5 Modos de transferencia de la soldadura GMAW	39
Figura 2.6 Variables del cordón de soldadura	40
Figura 2.7 Crecimiento de las variables según la corriente del proceso GMAW ...	41
Figura 2.8 Crecimiento de las variables según el voltaje del proceso GMAW	41
Figura 2.9 Crecimiento de las variables según la velocidad del proceso GMAW .	42
Figura 2.10 Inclinación de la torcha proceso GMAW	42
Figura 2.11 Crecimiento de las variables según el aumento del angulo del	
proceso GMAW	43
Figura 2.12 Extensión libre del alambre proceso GMAW	43
Figura 2.13 Crecimiento de las variables según el aumento de la extensión.....	
libre del proceso GMAW	44
Figura 2.14 Soldadura FCAW protegida con gas.....	47
Figura 2.15 Soldadura FCAW con autoprotección.....	48
Figura 2.16 Probeta para ensayo de doblado de lado	58
Figura 2.17 Probeta para ensayo de tracción	59
Figura 2.18 Filete para calificación WPQR	60
Figura 3.1 Junta FMSB-DI-WPS-1	62
Figura 3.2 Junta FMSB-DI-WPS-2.....	63
Figura 3.3 Junta FMSB-DI-WPS-3.....	64
Figura 3.4 Junta FMSB-DI-WPS-4.....	65
Figura 3.5 Junta FMSB-DI-WPS-5.....	66
Figura 3.6 Junta FMSB-DI-WPS-6.....	67
Figura 3.7 Junta FMSB-DI-WPS-7	68
Figura 3.8 Cupón seleccionado para realizar los PQR	70
Figura 4.1 Placa de la separación entre ensayos	79
Figura 4.2 Varilla de la separación de probetas.....	80
Figura 4.3 Distancia de la boquilla al material.....	83
Figura 4.4 Probeta de la junta FMSB-DI-WPS-02 para ensayos de consumo	
de soldadura	88
Figura 4.5 Probeta de la junta FMSB-DI-WPS-03 con material de aporte	89
Figura 4.6 Probeta para ensayos de corte	91

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2.1	Equipo GMAW	31
Fotografía 2.2	Proceso del oxicorte	50
Fotografía 2.3	Equipo para el proceso de oxicorte.....	51
Fotografía 2.4	Soplete para el proceso de oxicorte.....	52
Fotografía 2.5	Proceso de oxicorte a máquina.....	55
Fotografía 3.1	Calificación WPQR	69
Fotografía 3.2	Inspección visual de la probeta.....	69
Fotografía 3.3	Corte de la probeta WPQR	69
Fotografía 3.4	Inspección visual de la probeta.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Aplicaciones de la soldadura GMAW según el gas de operación	37
Tabla 2.2	Clasificación de modos de transferencia GMAW	38
Tabla 2.3	Aplicaciones de los modos de transferencia GMAW	39
Tablas 2.4-2.5	Valores de amperaje y voltaje recomendados para la..... soldadura GMAW	44
Tabla 3.1	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06.....	71
Tabla 3.2	Tracción para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06	72
Tabla 3.3	Análisis radiográfico para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06.....	73
Tabla 3.4	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-01.....	74
Tabla 3.5	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-02.....	74
Tabla 3.6	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-03.....	75
Tabla 3.7	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-04.....	75
Tabla 3.8	Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-05.....	76
Tabla 3.9	Macrografía para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-07.....	76
Tablas 4.1-4.3	Presiones de oxígeno y acetileno según el espesor del material .	82
Tabla 4.4	Tabla de recopilación de datos para ensayos de soldadura	90
Tabla 4.5	Tabla de recopilación de datos para ensayos de corte	92

Tabla 5.1-5.4	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con diferentes espesores del proceso SMAW	94
Tabla 5.5-5.8	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con diferentes espesores del proceso GMAW	99
Tabla 5.9-5.16	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con diferentes espesores del proceso FAW	104
Tabla 5.17	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con diferentes espesores del la placa de oxicorte	114
Tabla 6.1	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de material depositdo E7018	117
Tabla 6.2	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de material depositdo ER70S-6	122
Tabla 6.3	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de gas de protección	127
Tabla 6.4	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de material consumido ER70S-6	132
Tabla 6.5	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de material depositdo E71T-1	137
Tabla 6.6	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de gas de protección	142
Tabla 6.7	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de material consumido E71T-1	147
Tabla 6.8	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de material depositdo E81T1-Ni2	152
Tabla 6.9	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de consumo de gas de protección	157
Tabla 6.10	Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesores del los ensayos de material consumido E81T1-Ni2	162
Tabla 6.11	Tabla de recopilación de datos de oxígeno de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de corte	166
Tabla 6.12	Tabla de recopilación de datos de acetileno del número y peso de electrodos E7018 en los ensayos de soldadura	167
Tabla 6.13	Tabla de recopilación de datos de del número y peso de electrodos 7018 en los ensayos de soldadura	169

Tabla 6.14	Tabla de eficiencias en peso del electrodo E7018 depositados..... en los ensayos de soldadura.....	170
Tabla 6.15	Tabla de recopilación de datos de del número y peso del electrodo ER70S-6 en los ensayos de soldadura	171
Tabla 6.16	Tabla de eficiencias en peso del electrodo ER70S-6 depositados.... en los ensayos de soldadura.....	172
Tabla 6.17	Tabla de recopilación de datos de del número y peso del electrodo E71T-1 en los ensayos de soldadura	173
Tabla 6.18	Tabla de eficiencias en peso del electrodo E71T-1 depositados en los ensayos de soldadura.....	174
Tabla 6.19	Tabla de recopilación de datos de del número y peso del electrodo E81T1-Ni2 en los ensayos de soldadura.....	175
Tabla 6.20	Tabla de eficiencias en peso del electrodo E81T1-Ni2 depositados en los ensayos de soldadura	176
Tabla 7.1	Costo del proyecto	182

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1	Curva característica de una fuente de Corriente Constante SMAW ..	29
Gráfico 2.2	Curva característica de una fuente de Tensión Constante SMAW.....	30
Gráfico 2.3	Curva característica de una fuente de Corriente Constante GMAW ..	33
Gráfico 2.4	Curva característica de una fuente de Tensión Constante GMAW	34
Gráficas 6.1-6.7	Curvas de consumo de material depositado E7018 de todas..... las juntas	118
Gráficas 6.8-6.14	Curvas de consumo de material depositado ER70S-6 de todas las juntas	123
Gráficas 6.15-6.21	Curvas de consumo de gas de protección de todas las juntas	128
Gráficas 6.22-6.27	Curvas de material consumido ER70S-6 de las juntas.....	133
Gráficas 6.28-6.34	Curvas de consumo de material depositado E71T-1 de..... todas las juntas	138
Gráficas 6.35-6.41	Curvas de consumo de gas de protección de todas las	

juntas	143
Gráficas 6.42-6.48 Curvas de material consumido E71T-1 de las juntas.....	148
Gráficas 6.49-6.55 Curvas de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de.....	
todas las juntas	153
Gráficas 6.56-6.62 Curvas de consumo de gas de protección de todas las	
juntas	158
Gráficas 6.63-6.69 Curvas de material consumido E81T1-Ni2 de todas las.....	
juntas	163
Gráfica 6.70 Curva de consumo de oxígeno en los ensayos de corte	167
Gráfica 6.70 Curva de consumo de acetileno en los ensayos de corte.....	168

RESUMEN

La Fabrica de Municiones FMSB “Santa Bárbara S.A.” se vio en la necesidad de competir con el sector privado y público con miras a la excelencia en el mercado, tanto interno como externo de nuestro país, es por esto que la empresa debe estar a los más altos niveles de excelencia en los campos de operación, construcción y trabajo que desempeña, esta es la razón por la cual se desarrollo este proyecto canalizando nuestra investigación a la optimización de insumos, materiales y recursos para entregar un producto competitivo y de calidad.

En este proyecto se determino estándares de consumo de materiales e insumos en los procesos de soldadura SMAW, GMAW, FCAW y corte con acetileno y oxígeno (Oxicorte), previamente a la obtención de estos valores, se realizo la calificación WPS de un tipo de junta y la comprobación de 6 tipos más con el fin de que los estándares obtenidos sean totalmente reales y confiables.

Estos estándares son valores que facilitan el cálculo y la adquisición de la cantidad de materiales e insumos, sean estos electrodos, tanques de gas de protección para soldar, tanques de oxígeno y acetileno, que se requieren para cualquier tipo de construcción metálica donde estén presentes los procesos de soldadura y corte.

Estos valores se obtuvieron mediante la realización de tres ensayos de soldadura por cada probeta cuyas dimensiones eran de 350 mm de largo y 100 mm de ancho, dichas probetas tenían su correspondiente tipo de junta y espesores de 12.7, 15, 20 y 30 mm. Al terminar cada ensayo de soldadura (cordón) se procedía a pesar la cantidad de material de aporte depositado y la cantidad de gas de protección.

Para el oxicorte, también se realizaron tres ensayos de corte a lo largo de 1 m de plancha metálica con espesores de 5, 10, 15, 20 y 30 mm, en cada ensayo, al igual que en los de soldadura, se pesaban los tanques de oxígeno y acetileno para obtener una cantidad real de consumo

Con todos estos datos obtenidos se realizó un análisis estadístico para la obtención de curvas de consumo y eficiencias en peso de cada tipo de electrodo y de cada tipo de gas, las cuales serán usadas por el personal de la fábrica en obras de construcción futuras, beneficiando a la empresa de manera significativa en ahorro de materiales e insumos y en tiempo de ejecución de los procesos antes ya mencionados.

Este proyecto no se realizó con fines de lucro para la empresa ya que es una investigación centrada al para el mejoramiento de los procesos de producción, con lo cual la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara S.A.” elevará sus niveles de competitividad, confiabilidad y productividad.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES.

La FMSB "Santa Bárbara" S.A. desde el año 2003 viene incursionando en nuevos ámbitos como el diseño y la construcción en procesos de metalmecánica y mecánica de precisión, realizando proyectos estructurales como edificios, puentes, tanques a presión, campers entre otros.

Las exigencias de los usuarios, así como la de los productores han obligado a que la empresa adopte estándares y normas de calidad para la fabricación y realización de proyectos de calidad que contribuyan con la sociedad y con el país.

Estos antecedentes hacen que la FMSB "Santa Bárbara" S.A. se preocupe por optimizar su trabajo, insumos, materiales, recursos y reducir tiempos de fabricación y construcción, así como encontrar la combinación del ahorro y un excelente trabajo; es por ello que se ha visto en la necesidad de desarrollar un proyecto que determine la cantidad de consumibles o materiales que se necesiten para realizar las obras o proyectos mencionados anteriormente.

La FMSB "Santa Bárbara" S.A. desea emprender en dicho proyecto el cálculo de estándares de consumo que faciliten la adquisición de insumos y materiales a empresas productoras de estos, con esto los procesos de soldadura y corte serán más eficientes y mejor elaborados por el personal de la empresa así poder ser líderes en la industria metalmecánica.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En todo proceso de soldadura y corte es evidente la pérdida de tiempo y materiales cuando estos se llevan a ejecución se conlleva a gastos innecesarios que representan pérdidas para la empresa las cuales pueden reducirse efectivizando los procesos de soldadura y corte con estándares de consumo que determinarán las cantidades reales de consumibles que se utilizan para dichos procesos.

Es por esta razón que este proyecto se basará en recopilar información sobre los experimentos que deban realizarse a fin de obtener estos estándares mediante pruebas de taller y laboratorio para un correcto uso de los consumibles en la práctica de dichos procesos.

1.3. OBJETIVOS.

1.3.1.OBJETIVO GENERAL.

- Determinar estándares de consumo de materiales e insumos en los procesos de soldadura y corte para la División Industrial de FMSB “Santa Bárbara S.A.”

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Identificar en que campo de la FMSB “Santa Bárbara” S.A. se aplican los procesos de soldadura SMAW, FCAW, GMAW así como en el proceso de Oxicorte.
- Establecer los parámetros con los que se llevará a cabo el proyecto, estos son los WPS (Especificación del proceso de soldadura) y la calificación del soldador.
- Realizar pruebas en probetas soldadas (PQR), los cuales servirán para hacer ensayos con diferentes espesores de placa de acero, para determinar los estándares de consumo de material.

- Recopilar, analizar e interpretar los datos de los ensayos realizadas para obtener la cantidad de consumibles utilizados al momento de realizar la soldadura SMAW, FCAW, GMAW y el oxicorte.

1.4. ALCANCE

El alcance del proyecto es determinar los estándares de consumo de material en los procesos de soldadura SMAW, FCAW, GMAW y de oxicorte mediante ensayos de laboratorio y taller los cuales nos permitirán obtener dichos estándares en función del peso y del espesor de los materiales utilizados, con esto se facilita el cálculo de consumibles y de presupuestos, tendiendo a mantener al liderato frente a otras empresas a través de una ejecución más óptima, precisa y rápida.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La FMSB es una empresa creada por la DINE para coparticipar armónicamente en el sector privado con miras a la excelencia en el mercado interno y externo, colaborando con el desarrollo nacional, satisfaciendo las necesidades de la comunidad y en especial de las Fuerzas Armadas, esta orienta su actividad a la fabricación de municiones, metalmecánica, diseño y la elaboración de estructuras generando el desarrollo dentro de nuestro país.

Es por esto que la FMSB se ha visto en la necesidad de ahorrar tiempo y gastos en los diferentes campos de operación y trabajo que desempeña, es así pues que pretendemos desarrollar dicho proyecto, canalizando nuestro trabajo a la facilitación del cálculo de uso de materiales, así como del presupuesto que se presenta al interesado. Desarrollando algunas muestras y pruebas se logrará, a través de la toma de datos, determinar dichos estándares, donde se interprete el peso de material a usar, así como la cantidad en metros que se ha soldado o cortado.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. PROCESOS DE SOLDADURA.

2.1.1. PROCESO SMAW (SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO)

2.1.1.1. Concepto.

La fundición o unión del metal ocurre debido al calor generado por un arco eléctrico, entre el extremo del electrodo y la pieza.

El material de aporte en este proceso de soldadura se conoce como electrodo revestido y esta formado por el alma (parte central metálica conductora de la corriente eléctrica) y por el revestimiento (capa no conductora de la corriente). El revestimiento protege al material fundido del aire que lo rodea durante la transferencia por medio del arco eléctrico o durante la solidificación.

2.1.1.2. Equipo.

En la figura 2.1 se indica el circuito básico de un proceso SMAW, esta formado por una fuente de poder (AC o DC) completando el circuito, la fuente esta conectada a sus bornes por una pinza porta-electrodo y una pinza de maza, que a su vez, va conectada a la pieza a soldar.

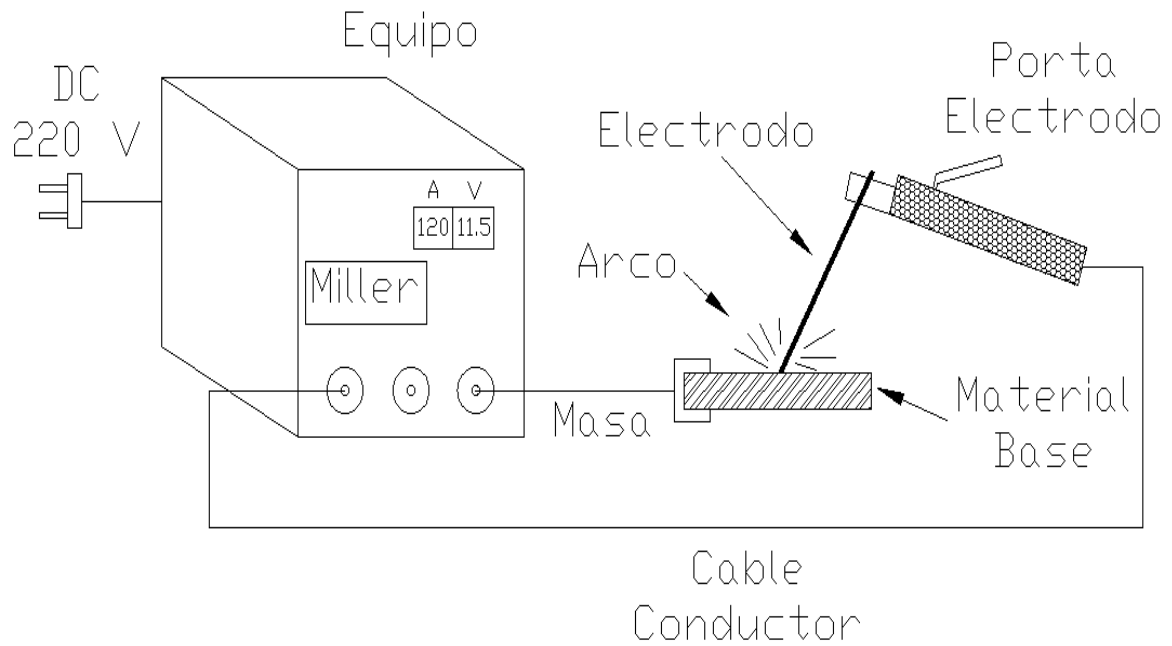


Fig. 2.1 Circuito básico de un proceso SMAW

2.1.1.3. Principios de Operación.

Cuando se haya formado el arco eléctrico entre los componentes, el calor generado por el mismo produce la fusión entre el metal base y el extremo del electrodo. A medida que se consume el electrodo este avanza depositando el metal fundido sobre la superficie de la pieza, una vez solidificado el metal depositado, forma el cordón de soldadura.

La temperatura del arco eléctrico es aproximadamente de unos 5000 °C en su parte central, produciéndose la fusión casi instantánea del metal, con esto se genera pequeñas gotas de metal fundido en el extremo del electrodo que ese transfiere por el arco hacia la pileta líquida. (Figura 2.2)

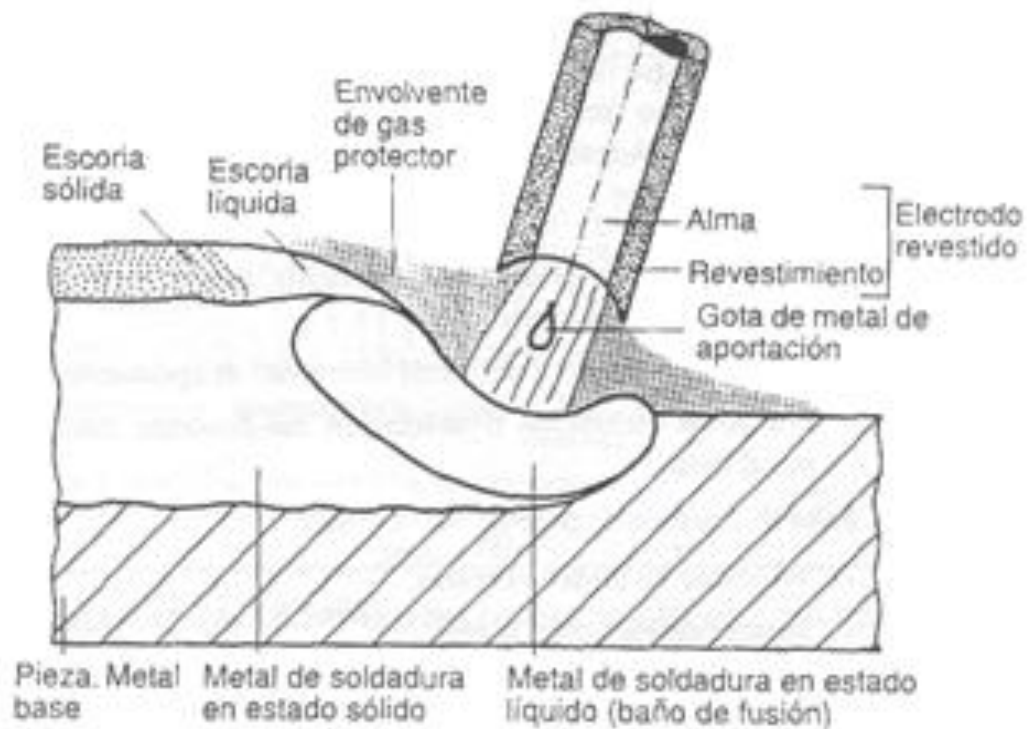


Fig. 2.2 Principio de operación soldadura SMAW (Figura tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

2.1.1.4. Características de los electrodos revestidos.

El electrodo revestido está constituido por una varilla (alma) que está recubierta por una capa (revestimiento) compuesta por diferentes materias primas debidamente mezcladas.

Cuando hablamos de diámetro de electrodo nos referimos al diámetro de la varilla (alma). Los diámetros standard utilizados son: 1.6, 2, 2.5, 3, 4, 5 y 6 mm, y las longitudes standard son: 250, 300, 350 y 450 mm. Existen algunas variaciones en que los electrodos alcanzan los 700 mm de longitud

2.1.1.5. Funciones del revestimiento.

El propósito de los electrodos es cumplir con varias funciones, las cuales son de tipo: eléctrica, metalúrgica, física-mecánica y económica.

- **Eléctrica**

Para la formación del arco eléctrico se requiere de una atmósfera ionizada entre el extremo del electrodo y la pieza (espacio comprendido entre el ánodo y el cátodo), es por esto que el revestimiento contiene elementos como el sodio y el potasio, los cuales generan de iones.

- **Metalúrgica**

Esta es la función más importante que tiene que cumplir el revestimiento debido a que influye directamente sobre la calidad del metal depositado desde el punto de vista de las propiedades físicas, la función metalúrgica del revestimiento tiene que cumplir otras sub funciones las cuales son:

- a) **Protección gaseosa:** como consecuencia de la descomposición de materias orgánicas del revestimiento este tiene que proteger el arco eléctrico y el baño de fusión del aire circundante.
- b) **Protección sólida:** esta consiste en crear una capa de escoria que cubre la fusión del metal líquido durante su transferencia hacia el metal base y también para la protección del metal fundido al contacto con el aire a su alrededor
- c) **Reducción de óxidos:** El revestimiento contiene elementos desoxidantes que durante la fusión reaccionan con las impurezas (óxidos) presentes en la superficie formando compuestos que luego son transferidos o pasan a formar parte de la escoria, dejando el metal limpio.
- d) **Acción de refinamiento:** el revestimiento aporta a una purificación o refinación del grano del metal depositado lo cual favorece a un mejoramiento de la tenacidad de la soldadura.

- **Física y Mecánica**

Una de las funciones físico – mecánicas del revestimiento es la formación de un cráter en el extremo del electrodo que actúa como colimador mecánico que dirige el arco en la dirección deseada, además este cráter es el responsable de la uniformidad del cordón depositado.

Por otra parte, el revestimiento influye en el aspecto y la forma del cordón depositado, si se soldaría con un electrodo sin revestimiento, este ocasionaría un cordón muy irregular, angosto, sin penetración y con mucha sobre monta.

- **Económico**

El revestimiento agrega polvo de Fe en el revestimiento, lo que permite aumentar el rendimiento de fusión del electrodo, en otras palabras se aporta mayor cantidad de metal de aporte por hora, lo que significa un ahorro de material.

2.1.1.6. Defectos.

Los defectos comúnmente encontrados en los procesos de soldadura son los siguientes:

- **Escorias:** se define como una incrustación no metálica de forma irregular, localizada entre los cordones de soldadura, este defecto es causado por la escoria solidificada que no ha sido removida en su totalidad de la pasada anterior.
- **Poros:** Este tipo de defecto, puede tener diferentes orígenes y su forma y distribución dependerán de ellos, estos poros se ocasionan por la humedad del revestimiento del electrodo, nido de poros (punta del electrodo pelada), poros aislados (impurezas en la pieza a soldar), poros vermiculares (exfoliantes presentes en el material base), el poro se manifiesta como una porción hueca, generalmente de forma esférica,

dentro del metal aportado, los mismos son producto de los gases que quedan atrapados en el interior del metal de soldadura.

- **Socavaduras:** este tipo de defecto se debe al uso excesivo de amperaje, técnica inapropiada de soldadura o diámetro inadecuado del electrodo para la posición de soldadura que se está realizando, también puede originarse por la falta de llenado del bisel (fundido por el arco eléctrico), adyacente al cordón depositado durante la operación de soldadura.
- **Falta de fusión:** este defecto, generalmente es debido al uso de amperajes excesivamente bajos para el diámetro de electrodo utilizado o técnica inadecuada de operación, también puede ocurrir por una discontinuidad interna entre el metal base y el metal depositado donde no se ha producido la fusión o unión entre ellos.
- **Falta de penetración:** se debe a una incorrecta preparación de la junta, diámetro de electrodo inadecuado, amperaje utilizado muy bajo o excesiva velocidad de soldadura.

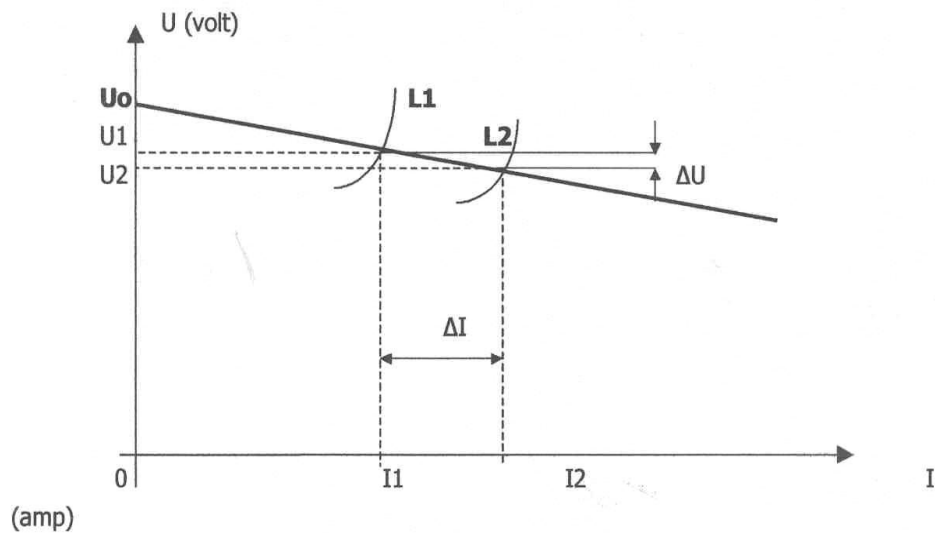
2.1.1.7. Fuentes de Poder.

Las fuentes de poder son equipos creados para cumplir con los objetivos que permiten el control del arco eléctrico y la característica requerida para cada aplicación particular. El proceso de soldadura por arco eléctrico requiere de una tensión (voltaje) capaz de mantener el arco encendido, y por otro lado, de un continuo suministro de corriente eléctrica (amperaje) que permita mantener estable dicho arco durante un determinado tiempo.

2.1.1.7.1. Clasificación de las fuentes de poder.

Según el punto de vista de las características estáticas se clasifican en:

- **Corriente Constante:** se denominan así debido a que se mantiene invariable la intensidad de corriente del arco eléctrico durante todo el ciclo de soldadura, esta característica externa de la fuente es muy favorable para la soldadura con electrodos revestidos debido a que se obtiene un cordón uniforme que depende del amperaje pero no de la tensión del arco.



Gráfica 2.1 Curva característica de una fuente de Corriente Constante proceso SMAW (Curva tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

En donde:

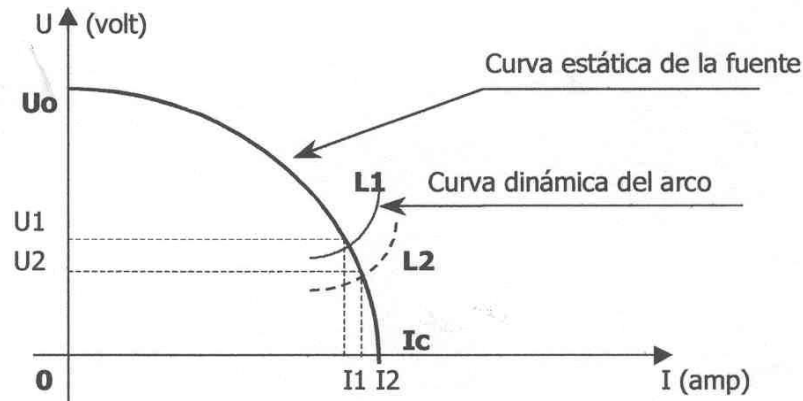
U_0 : Tensión de vacío (circuito abierto $I = 0$)

I_c : Corriente de corto circuito ($U = 0$)

U_1, U_2 : Tensión del arco o trabajo ($I_1 \approx I_2$)

L_1, L_2 : Longitud del arco ($L_1 > L_2$)

- **Tensión Constante:** como su nombre lo indica mantiene constante la tensión del arco eléctrico, mientras que la corriente sufre grandes variaciones al cambiar la longitud del arco. Este efecto se puede ver claramente en el diagrama Tensión-Corriente de la figura dada a continuación.



Gráfica 2.2 Curva característica de una fuente de Tensión Constante proceso SMAW (Curva tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Del diagrama se observa que para una longitud del arco L1, corresponde una determinada tensión e intensidad (U1; I1), si por algún motivo el arco se acorta a una longitud L2, veremos que la diferencia (ΔU) de la tensión entre U1 y U2, es prácticamente despreciable frente al aumento de corriente (ΔI) ocasionado como consecuencia de dicha disminución.

2.1.2. PROCESO GMAW (SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON PROTECCIÓN GASEOSA)

2.1.2.1. Concepto.

Este proceso emplea gases de protección inertes, tales como el Argón y el Helio, de allí la designación original de éste proceso con las siglas MIG (Metal Inert Gas). Hoy en día se han introducido variaciones, como la utilización de gases activos como el CO_2

2.1.2.2. Equipo GMAW.

El equipo de soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa consta principalmente de las siguientes partes, como lo muestra la fotografía 2.1

- Fuente de poder (máquina de soldar)
- Alimentador de alambre (cabezal devanador)
- Torcha (en uno de los extremos esta la pistola)
- Fuente de gas protector (tubos con caudalímetro)



Fotografía. 2.1 Equipo GMAW

2.1.2.3. Principios de operación

Dicho proceso se da a través de un alambre que es el electrodo consumible, este proviene de un rollo que está en la máquina a través de una torcha hasta una pistola en donde en el pico de la misma se produce la transferencia de corriente eléctrica al electrodo en el momento que esta hace contacto con la pieza de metal que se suelda, todo este mientras se tenga presionado el switch que provee el alambre.

Este arco que se produce, es protegido por fuera por un gas que es expulsado al mismo tiempo desde los tubos y es conducido por un conducto dentro de la torcha hasta salir por la tobera que posee la pistola en su extremo; rodea el arco eléctrico, evitando de este modo que los gases como el O_2 y el N_2 del aire entre en contacto con el metal fundido que atraviesa el arco.

El único control que se debe tener en este tipo de proceso es la velocidad de avance y la posición de la torcha, dicha velocidad esta basada por el amperaje al cual trabaja la máquina.

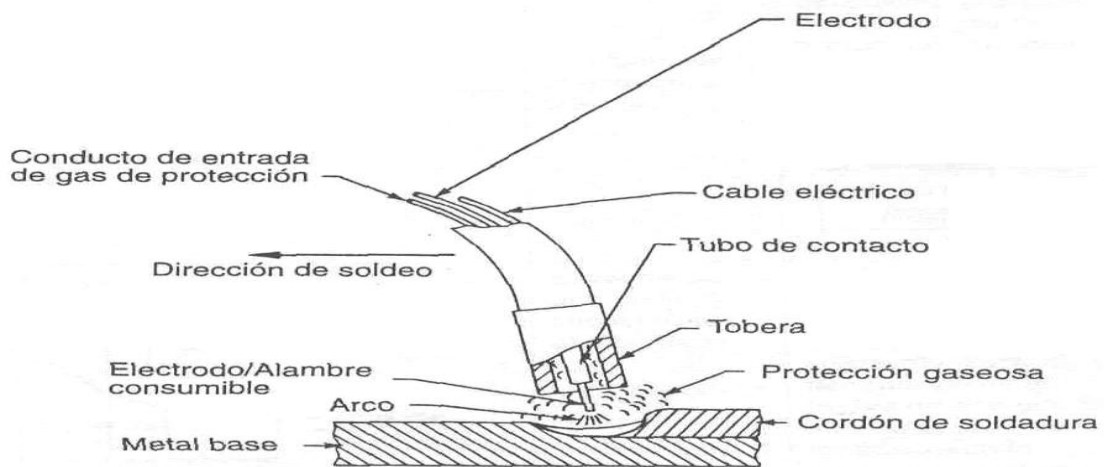


Fig. 2.3 Principio de operación soldadura GMAW (Figura tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

2.1.2.4. Características de los electrodos

Las características de los electrodos en la soldadura por arco eléctrico con protección gaseosa son similares a las expuestas en el punto 2.1.1.4, la única diferencia es que en la soldadura SMAW la protección al electrodo lo da el revestimiento, en cambio en la soldadura GMAW la protección para el electrodo lo da el gas que se este usando.

2.1.2.5. Defectos

Los defectos ocasionados en la soldadura GMAW son los mismos expuestos en el punto 2.1.1.5.

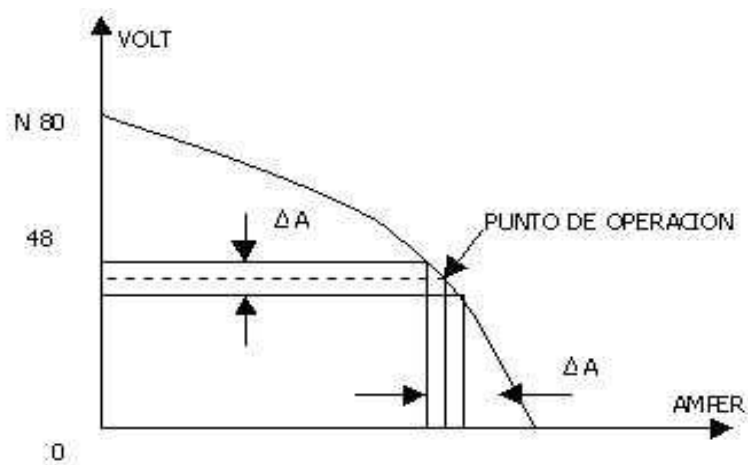
2.1.2.6. Fuentes de poder.

La fuente de poder es la suministradora de energía para la formación del arco eléctrico. En el caso del proceso GMAW, se requiere de una fuente de voltaje constante y la polaridad, en todo caso, deberá ser inversa (pistola conectada al polo positivo y el material base al polo negativo).

2.1.2.6.1. Clasificación de las fuentes de poder.

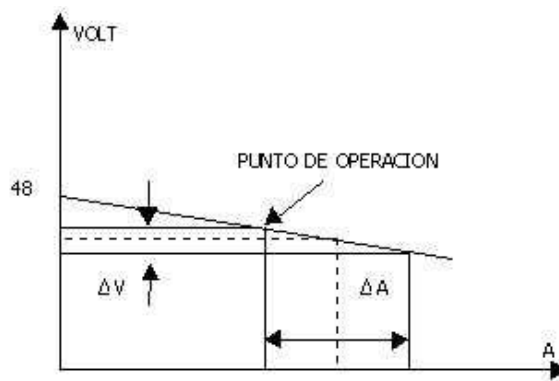
Dentro de las fuentes de poder, se distinguen 2 tipos que las caracterizan:

- **Corriente Constante:** en la curva de la fig. 2.3 podemos observar que para grandes variaciones de la tensión del arco, prácticamente es despreciable la variación de la corriente eléctrica que atraviesa el arco. Este tipo de tipo de máquina es muy ventajosa para soldar en forma manual con electrodos revestidos, por cuanto las variaciones de la longitud del arco y por consiguiente la tensión, producida por la inestabilidad del pulso de la mano del soldador no afecta al cordón depositado, por cuanto éste es función del amperaje, y ya hemos visto que prácticamente no varía. Una fuente de tensión constante, tiene la siguiente curva característica.



Gráfica 2.3 Curva característica de una fuente de Corriente Constante proceso GMAW (Curva tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

- **Tensión Constante:** en este caso se observa que para pequeñas variaciones de tensión (ΔV), se obtienen grandes variaciones de corriente (ΔA), este tipo de característica de la fuente, es particularmente ventajosa para ser empleada en procesos semiautomáticos o automáticos donde se tiene autorregulación del arco eléctrico, principalmente por brindar una rápida respuesta ante una alteración. Una fuente de tensión constante, posee varias curvas características con distintas pendientes.



Gráfica 2.4 Curva característica de una fuente de Tensión Constante proceso GMAW (Curva tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

2.1.2.7. Gases utilizados.

Para que se de una buena soldadura es necesario que se empleen gases que protejan el metal fundido, esto para que el momento en que se da dicho proceso no se mezclen con el oxígeno o nitrógeno y puedan formarse porosidades que debilitan y dan como resultado una mala suelda.

La función del gas en si es desplazar o evitar que el aire circundante entre en contacto con el metal fundido.

Sin embargo, el gas protector también tiene un pronunciado efecto sobre los siguientes aspectos.

- Característica del arco.
- Modo de transferencia del Metal
- Penetración y perfil del cordón de soldadura

- Velocidad de soldadura
- Tendencia al socavado
- Acción de limpieza

Los gases empleados en las soldaduras son:

- Argón (Ar)
- Dióxido de Carbono (CO₂)

Estos gases se utilizan individualmente, mezclados entre sí, o combinados con oxígeno.

Los gases protectores y sus variantes (mezclas) son divididos en metalúrgicamente activo (CO₂ y mezclas de Argón) e inactivos o inertes (Ar y He).

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Es un gas activo, que actúa metalúrgicamente por acción del arco eléctrico con los elementos provenientes del metal de aporte. Casi todos los gases reactivos no pueden ser empleados solos; así para la protección del arco eléctrico, sin embargo el CO₂ es una excepción a dicha regla, su conductividad térmica es similar a la del helio, por lo que la forma del cordón se asemeja bastante al obtenido con el helio, pero cuya penetración es mayor respecto de los otros 2 gases inertes, esto soldando de modo de transferencia en corto circuito.

La explicación de este fenómeno reside fundamentalmente en el hecho que la recombinación del gas se produce a temperaturas bajas del arco (próximo al metal base). Para evitar oxidación se utilizan alambres con elementos desoxidantes, tales como Si y Mn, cuya afinidad con el O₂ es mayor que la del Fe, formando compuestos a base de Si y Mn que por ser más livianos que el metal líquido; son reflowados hacia la superficie formando lagunas de silicatos.

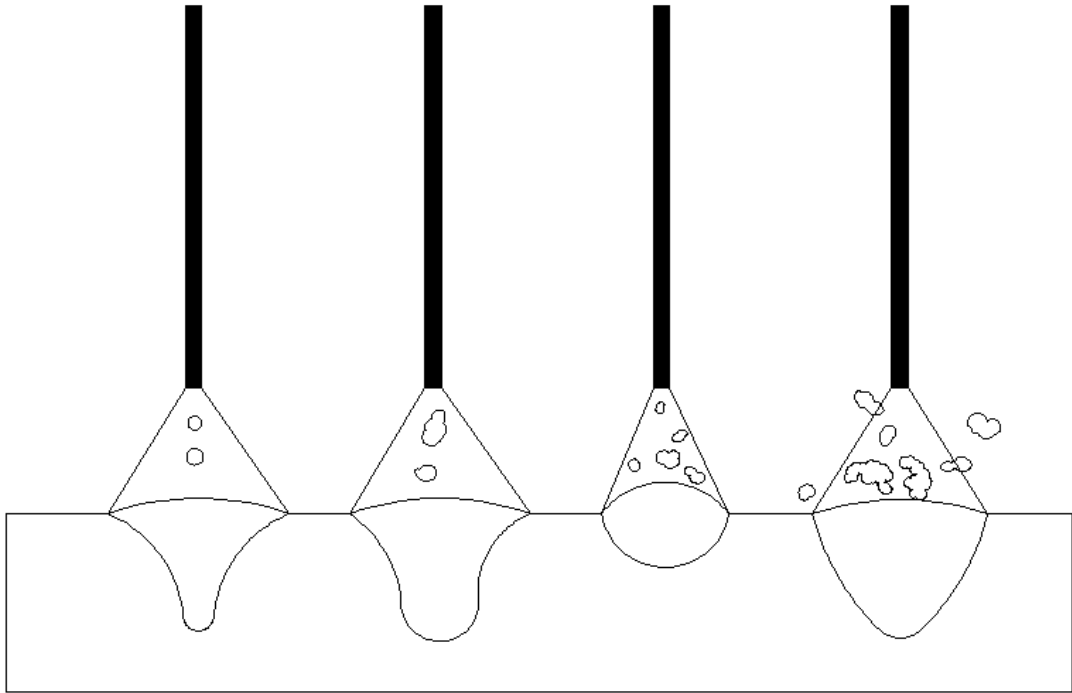


Fig. 2.4 Formación del cordón en el proceso GMAW con CO₂

- **Mezclas**

La mezcla de dichos gases, permite que se obtenga una suelda de mejor calidad y las más comunes son:

3. ARGÓN + HELIO
4. ARGÓN + O₂
5. ARGÓN + CO₂
6. CO₂ + O₂

La mezcla de (Ar + He) produce un perfil del cordón de soldadura mas deseable (penetración y tamaño de forma parabólica).

En la transferencia por corto circuito, ésta mezcla es utilizada en la proporción de 60% a 90% de He, resto de Ar, para obtener una mayor penetración en el metal base, principalmente cuando se suelda acero inoxidable.

La adición del CO₂ al Argón produce el mismo efecto que el Helio, solo que no puede ser aplicado a la soldadura de acero inoxidable.

El agregado de O₂ ó CO₂ en pequeñas proporciones al Ar, produce un apreciable cambio en las características de la acción del arco y la transferencia del metal. El porcentaje comúnmente oscila entre un 1 y 5 % de O₂ y aproximadamente 20/ 30% de CO₂, las composiciones más utilizadas están en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Aplicaciones de la soldadura GMAW según el gas de operación (Tabla tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Composición	Aplicación
CO ₂ (100%)	Trabajos en grandes espesores de acero al C. Transferencia globular Transferencia por corto circuito
Ar/O ₂ (98/2%)	Trabajos de acero inoxidable y baja aleación Transferencia Spray
Ar/CO ₂ (75/25%)	Trabajo en acero al carbono en espesores finos y medios principalmente al transferir por corto circuito
Ar (100%)	Principalmente aluminio

2.1.2.8. Modos de transferencia

Existen tres modos de transferencia que son:

Tabla 2.2 Clasificación de los modos de transferencia de la soldadura GMAW (Tabla tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Transferencia por corto circuito	Transferencia globular	Transferencia spray
<p>El metal de aporte es transferido mientras el electrodo (alambre) permanece en contacto con el baño de metal fundido sobre la pieza, o sea, hay circulación de corriente eléctrica, pero sin arco. Se trata de una transferencia de baja energía, o sea de bajo aporte térmico.</p> <p>Se produce el fenómeno del efecto pinch sobre el extremo del electrodo durante el corto circuito y que finalmente origina el desprendimiento de la gota.</p> <p>Este efecto, se produce entre 50 y 200 veces por segundo.</p>	<p>Este proceso de suelda se da cuando se utiliza CO₂ como gas protector (también se consigue con He).</p> <p>Aquí la transferencia del metal a través del arco, se produce forma de gotas irregulares cuyo tamaño es de aproximadamente 4 x Ø del electrodo, que al azar son transportadas a través del mismo hacia el metal base. Este tipo de transferencia produce mucho chisporroteo, dado que el Co₂ es por naturaleza inestable.</p> <p>La relativa estabilidad del arco con CO₂ puede ser establecida a elevados niveles de corriente.</p>	<p>Este proceso de suelda se da cuando se utiliza Argón como gas protector en un porcentaje del 80%.</p> <p>Aquí la transferencia del metal se da cuando atraviesa el arco en forma de gotas finas de tamaño aproximadamente iguales al Ø del alambre o menores.</p> <p>Se da poco chisporroteo y una suelda homogénea pero la penetración es poca.</p>

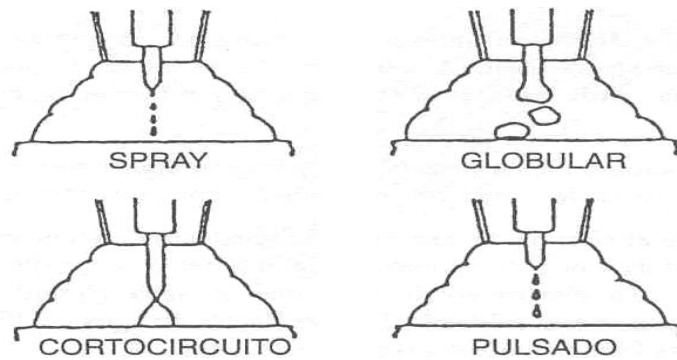


Fig. 2.5 Modos de transferencia de la soldadura GMAW (Figura tomada del “Instituto Argentino de Siderurgia”)

2.1.2.8.1. Aplicaciones de los modos de transferencia

Modos de transferencia con los parámetros con que se obtiene distintas aplicaciones:

Tabla 2.3 Aplicaciones de los modos de transferencia de la soldadura GMAW (Tabla tomada del “Instituto Argentino de Siderurgia”)

Tipos de transferencia	Gas Protector	Parámetros Volt /Amper	Aplicación
Corto circuito	CO ₂ ó Argón/CO ₂	16/22 40/190	-Chapas finas 10mm -Pasadas de raíz en cualquier espesor -Soldadura en todas posiciones
Globular	CO ₂	24/28 200/300	-Chapas medianas y gruesas 12mm -Aceros al carbono -Posición bajo mano solamente
Spray	Argón ó Argón/CO ₂	28/40 200/500	-Aceros inoxidables -Aluminio -Posición bajo mano solamente

2.1.2.9. Parámetros de soldadura

Se define parámetros de soldadura, aquellas variables que al ser cambiadas o modificadas, alteran la configuración o forma del cordón depositado y además afectan las características del arco eléctrico.

Para entender los parámetros que influyen en la soldadura definimos las variables que determinan la configuración de un cordón de soldadura.

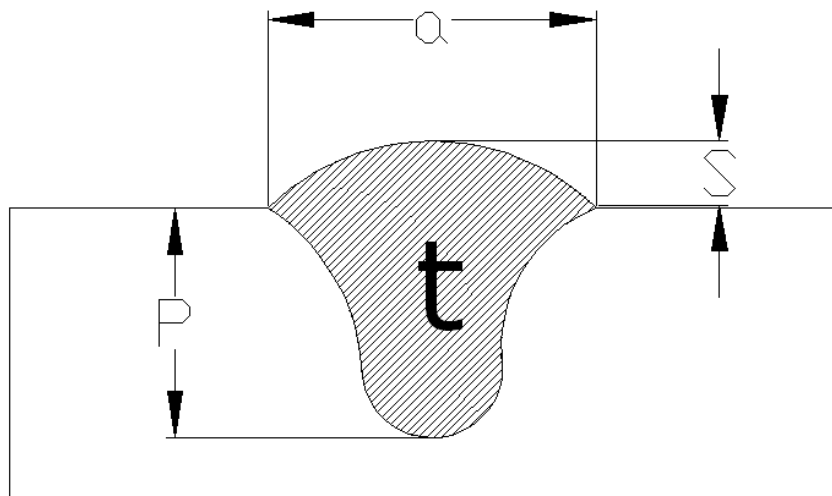


Fig. 2.6 Variables del cordón de soldadura

- a : ancho del cordón
- p: penetración
- s: sobre espesor
- t: tamaño del cordón

Los parámetros de soldadura que alteran la configuración o forma del cordón depositado y las características del arco eléctrico son de clase eléctricos y operativos.

2.1.2.9.1. Parámetros eléctricos.

- **Corriente de soldadura o velocidad de alimentación del alambre**

La penetración y el tamaño del cordón son las variables que son controladas por la corriente.

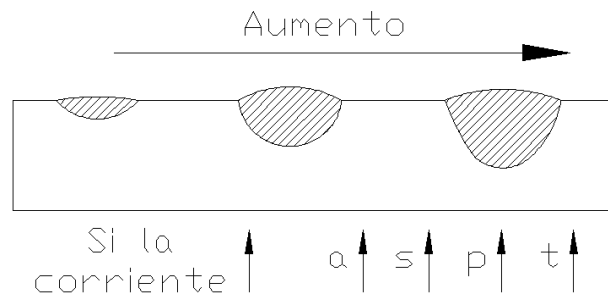


Fig. 2.7 Crecimiento de variables según la corriente del proceso GMAW

- **Tensión o voltaje del arco**

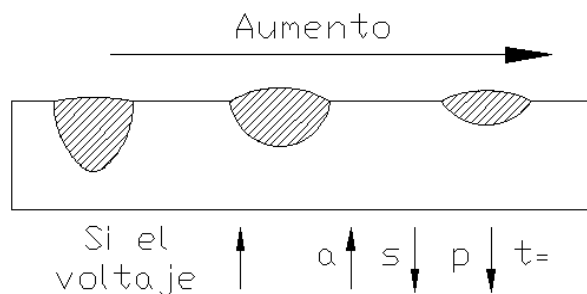


Fig. 2.8 Crecimiento de variables según el voltaje del proceso GMAW

El ancho y el sobre espesor son las variables controladas por el voltaje o tensión. La variación de la tensión modula la forma del cordón, no agrega ni quita el metal aportado.

2.1.2.9.2. Parámetros operativos.

- **Velocidad del Arco (Soldadura)**

El tamaño del cordón es la variable que es controlada por la velocidad del arco.

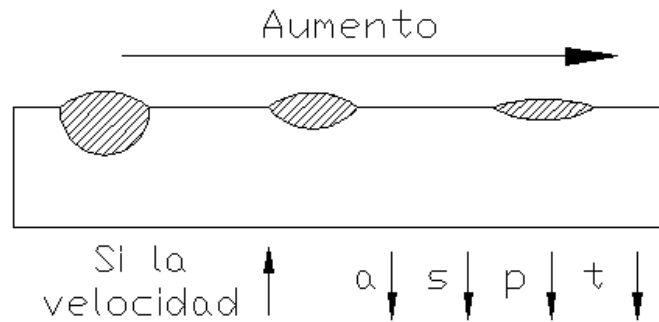


Fig. 2.9 Crecimiento de variables según la velocidad de arco del proceso GMAW

- **Inclinación de la torcha**

La torcha puede ser inclinada respecto del eje vertical.

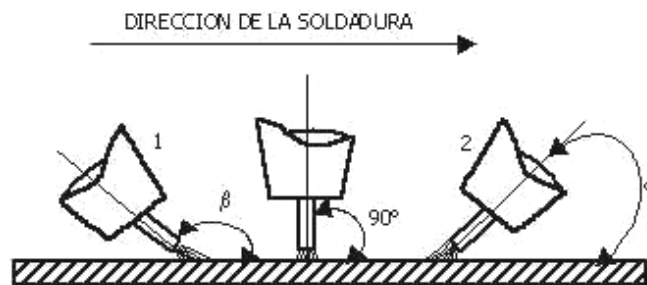


Fig. 2.10 Inclinación de la torcha proceso GMAW (Figura tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Siendo:

(α): El ángulo de inclinación en el sentido del avance

(β): El ángulo de inclinación en el sentido opuesto al avance

Lugo definimos:

Posición 1 para $\beta > 90^\circ$ técnica por empuje

Posición 2 para $\alpha < 90^\circ$ técnica por arrastre

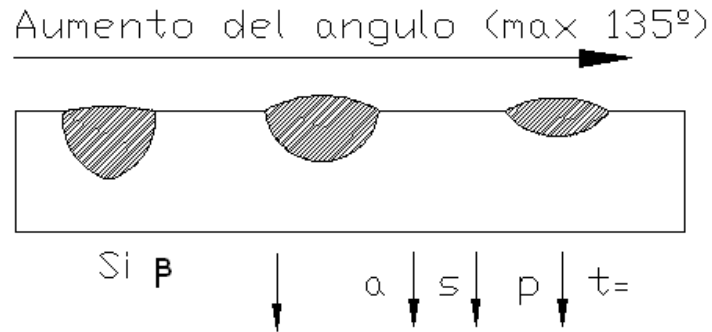


Fig. 2.11 Crecimiento de variables según el aumento del ángulo del proceso GMAW

La inclinación de la torcha, controla principalmente la penetración de la soldadura y el ancho del cordón.

- **Extensión libre del alambre**

Es la distancia media entre el pico de contacto y el extremo donde se establece el arco eléctrico en el alambre.

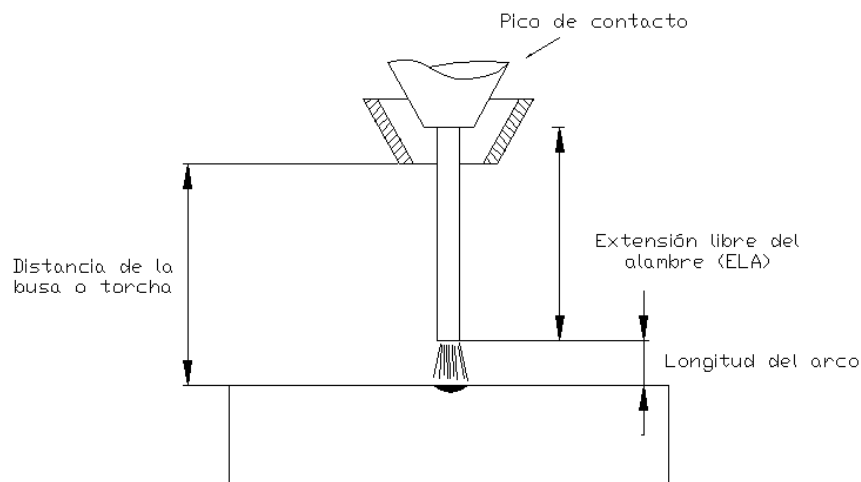


Fig. 2.12 Extensión libre del alambre proceso GMAW

Modificando dicha distancia, se obtiene el siguiente efecto sobre el cordón depositado.

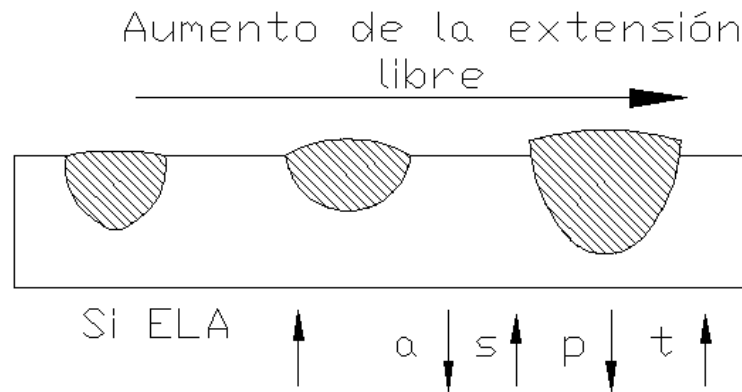


Fig. 2.13 Crecimiento de variables según el aumento de la extensión libre del proceso GMAW

Esta es la variable que principalmente se controla con el (ELA), y en menor escala la penetración, según sea el modo de transferencia empleado se utiliza la siguiente ELA.

Tabla 2.4 Valores de amperaje y voltaje recomendados para diferentes \varnothing de alambre y modos de transferencia de la soldadura GMAW (Tabla tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Modos \varnothing mm	Corto Circuito		Globular		Spray	
	A	V	A	V	A	V
0,8	50/130	14/18	110/150	18/22	140/180	23/28
1,0	70/160	16/19	130/200	18/24	180/250	24/30
1,2	120/200	17/20	170/250	19/26	220/320	25/32
1,6	150/200	18/21	200/300	22/28	260/390	26/32

En la suelda por corto circuito el gas protector influye sobre los parámetros eléctricos para cada uno de los valores extremos del rango del amperaje

Tabla 2.5 Valores de amperaje y voltaje recomendados para diferentes \varnothing de alambre y gases de la soldadura GMAW (Tabla tomada del "Instituto Argentino de Siderurgia")

Gas \varnothing mm	Argón/CO ₂		CO ₂ (100%)	
	A	V	A	V
0,9	40	14-16	40	16-18
	170	17-22	170	19-24
1,2	110	17-19	110	19-21
	250	20-23	250	22-25

2.1.3. PROCESO DE SOLDADURA FCAW (SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON PROTECCIÓN GASEOSA CON ELECTRODO TUBULAR).

2.1.3.1. Concepto.

El proceso FCAW (Flux Cored Arc Welding), es la soldadura por arco con núcleo de fundente. Es un proceso que se da por arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el charco de soldadura. Dicho electrodo tubular contiene un fundente que sirve como protección, esto con un escudo adicional de gas de procedencia externa o sin el, y sin aplicación de presión.

Este electrodo es un alambre que en su núcleo contiene materiales pulverizados, luego de depositar el material sobre la pieza, se forma una escoria sobre dicho cordón de suelda.

El proceso FCAW ya descrito, se diferencia de otros procesos como el GMAW por contener dentro de su electrodo elementos fundentes que van saliendo y depositándose en el cordón continuamente.

Por todas estas características, hace que el proceso sea muy utilizado, ya que provee buenas propiedades y lo hace muy fiable.

2.1.3.2. Equipo FCAW.

El equipo de operación para este tipo de soldadura es igual al expuesto en el punto 2.1.2.2, lo único que cambia es el tipo de electrodo, ya que este tiene elementos fundentes dentro del mismo el cual provee la protección gaseosa necesaria para el desplazamiento de oxígeno de la zona en donde se forma el arco.

2.1.3.3. Principios de operación.

Al igual que en la soldadura GMAW, los principios de operación en este proceso son los mismos indicados en el punto 2.1.2.3.

2.1.3.4. Características de los electrodos.

Este proceso busca proteger a la suelta de agentes corrosivos y oxidantes principalmente al momento en que se da suelta; al formar la envoltura sobre el arco y el chorro lo asilándolo del oxígeno y nitrógeno del aire.

Los electrodos de FCAW contienen desoxidantes que se mezclan con oxígeno en pequeñas cantidades en el escudo de gas.

La soldadura FCAW combina características de la soldadura por arco de metal protegido (SMAW), la soldadura por arco de metal y gas (GMAW) y la soldadura por arco sumergido (SAW).

Una de las variaciones de este tipo de soldadura a la GMAW, es que el electrodo es tubular y la protección gaseosa que se le da al cordón de soldadura se puede presentar de dos formas:

- FCAW protegida con gas
- FCAW con autoprotección

2.1.3.4.2. FCAW con autoprotección

Protege al metal fundido mediante la descomposición y vaporización del núcleo de fundente en el calor del arco. Figura 2.15

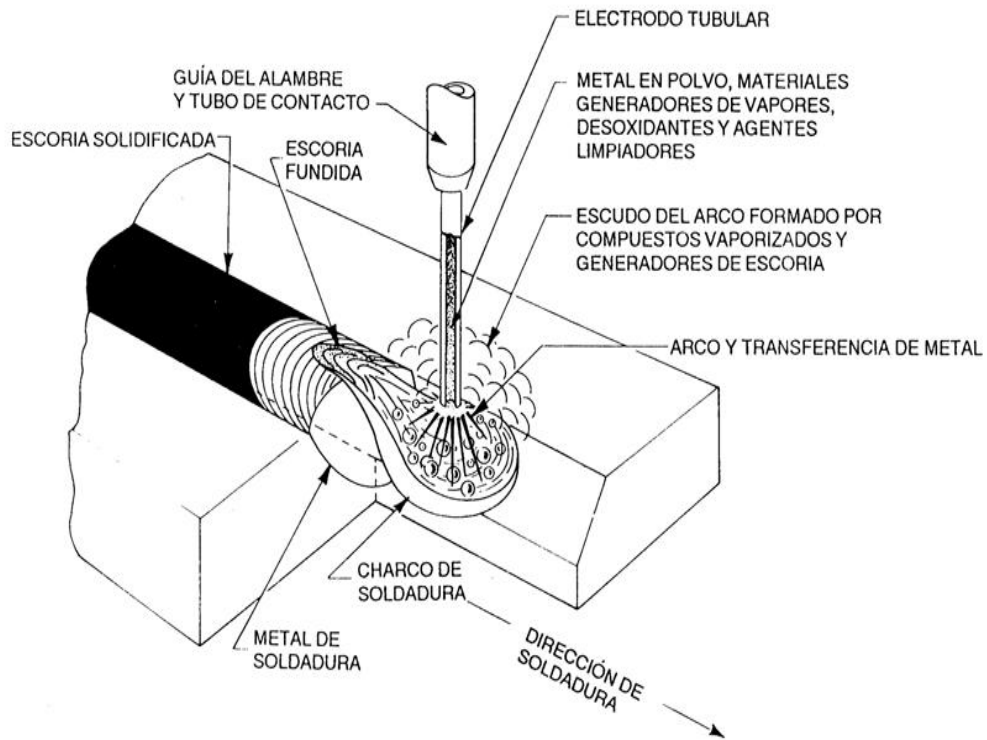


Figura 2.15. Soldadura FCAW con autoprotección (Figura Tomada de la Universidad de Piura Perú)

En los dos casos se produce sobre el cordón de suelda generado una cubierta que viene a ser una escoria que protege al material en su proceso de solidificación.

La soldadura por arco con núcleo de fundente comúnmente es utilizada en procesos semiautomáticos o automáticos con un sin fin de aplicaciones.

El proceso FCAW con autoprotección se da por medio de los materiales contenidos en el fundente, capaces de formar en el instante mismo en que se deposita la suelda, agentes vaporizados que no permitan que los componentes

del aire afecten las características de la misma. Este método puede soportar corrientes de viento mucho mayor y por ello es muy utilizado en campos abiertos.

Las extensiones de electrodo largas que no son más que la distancia del electrodo no fundido desde el extremo del tubo de contacto; es una característica de los electrodos autoprotegidos. Existe en el mercado electrodos con extensiones de 0,5 a 3,75 pulg. dependiendo la necesidad.

Esto da como resultado un precalentamiento del electrodo estabilizando así el voltaje por medio del arco. Con ello se logra obtener un cordón fino y de poca profundidad pero de buenas características, lo que lo hace muy utilizado y aplicable para espesores pequeños.

2.1.3.5. Defectos.

Los defectos ocasionados en la soldadura FCAW son los mismos expuestos en el punto 2.1.1.5.

2.1.3.6. Fuentes de poder.

Como ya dicho anteriormente el equipo de operación en este tipo de soldadura es el mismo al del GMAW, por lo tanto las fuentes de poder son las mismas ya indicadas en el punto 2.1.2.5

2.1.3.7. Parámetros de soldadura

La diferencia de los parámetros eléctricos y operativos de la soldadura GMAW expuestas en el punto 2.1.2.8 es que manteniendo el voltaje del arco y la corriente de soldadura se puede obtener un cordón con mejores características, todo ello ya dependerá del operador.

Con algunos electrodos con núcleo de fundente y autoprotección, la polaridad recomendable es directa, ya que produce menor penetración en el

metal base; lo que permite usar con éxito electrodos de diámetro pequeño para soldar materiales de espesores pequeños.

2.2. PROCESO DE CORTE.

2.2.1. OXICORTE (OFC-A).

2.2.1.1. Concepto.

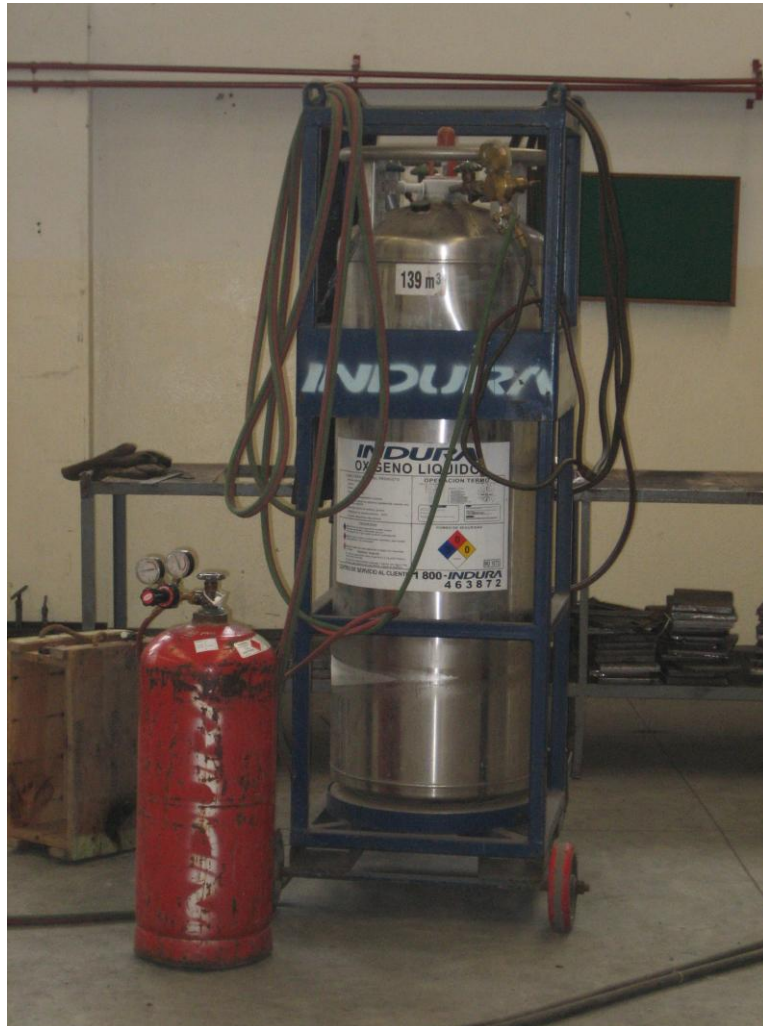
Básicamente este proceso consiste en cortar aceros al carbón y de baja aleación, consta de dos etapas que son:

1. Se calienta el metal a alta temperatura aprox. (900 °C) con una llama generada por oxígeno y acetileno (gas combustible).
2. La llama generada por los gases produce una corriente que es la que corta el metal, removiendo óxidos de hierro producidos.



Fotografía 2.2 Proceso de Oxicorte (Foto tomada de PRAXAIR S.A.)

2.2.1.2. Equipo.



Fotografía. 2.3 Equipo del Proceso de Oxicorte

- **Soplete cortador**

El soplete cortador se diferencia del soplete de soldar en la forma de la boquilla y en que dispone de una palanca adicional para controlar el chorro del oxígeno de corte. Muchos sopletes de soldar pueden transformarse en cortadores reemplazando la lanza normal por una especial de oxicorte.

Los sopletes cortadores disponen de los grifos convencionales de oxígeno y de acetileno, que permiten regular la llama de calentamiento. Algunos cortadores van provistos de dos grifos de oxígeno a fin de conseguir una

regulación más precisa de la llama. La boquilla lleva un orificio central, por el que sale el chorro de oxígeno de corte, rodeado de otros más pequeños que suministran la mezcla combustible para obtener la llama de calefacción.



Fotografía. 2.4 Soplete del Proceso de Oxicorte

Cada soplete va provisto de un juego de boquillas intercambiables, de distintos tamaños, que permiten el corte de diferentes espesores. También existen boquillas especiales para trabajos tales como ranurado, desguace, levantamiento de remaches.

2.2.1.3. Principios de operación.

Antes de proceder a cortar con el equipo se debe seguir una serie de pasos los cuales son:

- Limpiar los conductos, boquillas y suministradores de los gases especialmente el de oxígeno es muy importante antes del proceso.
- Abrir ligeramente las válvulas de los cilindros para limpiar cualquier suciedad.
- Acoplar los mano reductores en los cilindros.

- Antes de abrir las válvulas de los cilindros comprobar que las válvulas del soplete estén cerradas así como los reguladores de presión.
- Abrir las válvulas de los cilindros lentamente.
- Terminado el proceso cerrar la válvula del oxígeno del soplete.
- Cerrar la válvula del gas combustible del soplete.
- Cierre las válvulas de los cilindros
- Abrir las válvulas del soplete hasta que el manómetro indique que la presión de los mano reductores está a cero y cierre las válvulas del soplete.

Realizados los pasos anteriormente descritos se realiza los procedimientos que se redactan a continuación:

- Basarse en las tablas de corte para calibrar el equipo.
- Con las válvulas abiertas ajustar las presiones.
- Ajustar llama de calentamiento.
- Abrir por completo la válvula de oxígeno de combustión del soplete.
- Abrir parcialmente la válvula de acetileno
- Encender la mezcla
- Calibrar la salida de acetileno.
- Calibrar la de oxígeno hasta alcanzar la llama neutra.
- Abrir la válvula de oxígeno de corte.
- La salida de oxígeno para el corte deberá salir de la boquilla en forma recta y cilíndrica, no deberá fluctuar.
- La llama de calentamiento debe rodear el chorro de oxígeno de forma concéntrica.
- La velocidad de corte correcta se debe consultar la tabla de corte, esta depende de lo siguiente:
 - a) Del tipo de corte: vertical u oblicuo, si es recto o curvilíneo.
 - b) Para cortes en curvas de radios pequeños, hay que reducir la velocidad según:

- Corte oblicuo de 30° 25%
 - Corte oblicuo de 45° 45%
 - Corte en curva 10%
- Indique el tipo de corte superficial, sea este estructural o de separación.
 - Indique la composición del material.
 - Describa las características de la superficie del material, si esta limpiada a chorro de arena, si tiene escorias, esta oxidada o tiene una imprimación.
 - Elija la boquilla.

2.2.1.4. Tipos de oxicorte.

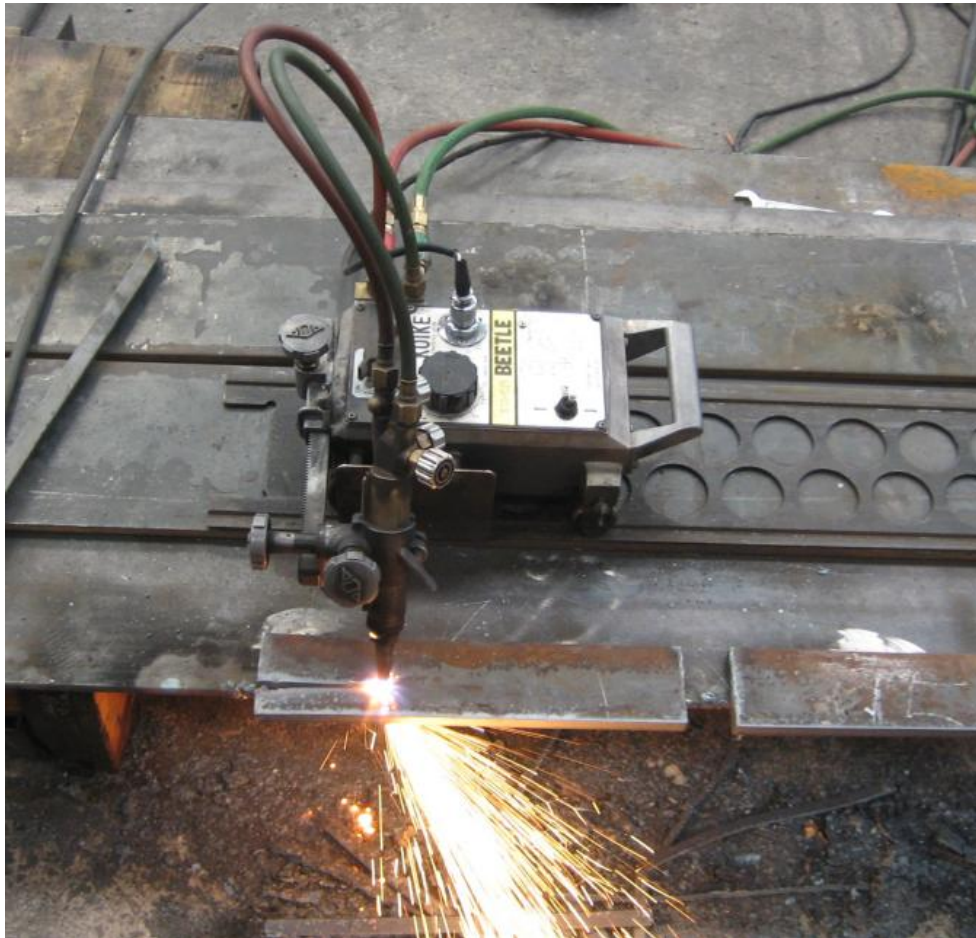
- **Oxicorte manual**

Se utiliza sopletes de aspiración que poseen una boquilla de presión; aunque se pueden emplear también boquillas de corte que mezclen gases, siendo más seguras en el retroceso de la llama.

La presión para este tipo de corte debe estar alrededor de los 6 bar (mín.), pero dicha presión está tabulada para distintas aplicaciones y para cada tipo de boquilla. Dicha presión y diseño de cada boquilla están relacionadas entre si y solo basta incrementar dicha presión para encontrar un corte óptimo en el caso de que se tengan mangueras largas.

- **Oxicorte semi automático**

En el caso de la utilización de máquina, de igual forma existen sopletes de aspiración, que poseen boquillas de presión con tubo de mezcla (oxígeno y acetileno) que se encargada de llevar hasta la boquilla de corte o a su vez a los sopletes para boquillas mezcladoras.



Fotografía. 2.5 Proceso de Oxicorte a maquina

Un buen uso de las boquillas mantendrán las mismas y prolongará su vida útil, por ello limpiarlas luego de su uso, así como la buena calibración de suministro del volumen de oxígeno y acetileno de acuerdo a la pieza que se vaya a operar, controlar las presiones con el manómetro mostradas anteriormente en la tabla, verificar el buen estado de las mangueras y controlar la velocidad de avance mantendrán al equipo en buenas condiciones de operación.

2.3. ESPECIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS).

Son procedimientos normalizados mundialmente bajo estándares de soldadura que se rigen por el código AWS D1.1 para la calificación de juntas

soldadas, lo cual certificará a la junta que puede ser usada en cualquier ámbito en la construcción de elementos metálicos

Para la calificación de los WPS según el código AWS D1.1 sección 4 se tiene que cumplir tres aspectos fundamentales requeridos los cuales son:

- **Parte A Requerimientos Generales:** esta parte cubre los requerimientos generales de ambas, WPS y de la habilidad del personal de soldadura.
- **Parte B Especificación del Procedimiento de Soldadura:** esta parte cubre la calificación del WPS que no están clasificados como precalificados según la sección 3 del código AWS D1.1.
- **Parte C Calificación del Personal de Soldadura:** esta parte cubre las pruebas de habilidad del personal que determina el código como soldador u operador calificado.

2.3.1. PARTE A REQUERIMIENTOS GENERALES.

Lo más importante de este punto dentro del código son los requerimientos comunes del WPS y del personal de soldadura, los cuales son:

- La calificación en ediciones anteriores como las AWS D1.1, AWS D1.0, o AWS D2.0 pueden ser usadas mientras estas estén en vigencia pero se prohíbe para nuevas calificaciones de las ediciones actuales.
- El envejecimiento de las juntas se las realizan de 95 a 105 °C durante 48 horas, pero no es relevante para este proyecto.
- Los registros de las pruebas de los soldadores debe guardarlos el fabricante o el contratista.
- Dentro de las posiciones de calificación del soldador están la de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza.

2.3.2. PARTE B ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA.

Según el código existen 6 tipos de pruebas de calificación requeridas para espesores, diámetros o ambos para juntas de penetración completa y parcial que serán indicadas más adelante, estas pruebas son las siguientes.

- Inspección Visual
- Ensayos no destructivos
- Doblado de cara y raíz
- Ensayo de tracción
- Ensayo de Impacto (CHARPY)
- Macrografía (Solo para filetes)

2.3.2.1. Inspección visual.

Para una aceptable calificación se debe tener los siguientes requerimientos:

- a) La soldadura debe estar libre de fisuras
- b) Todos los cráteres deben ser llenados con toda una sección cruzada de la soldadura
- c) La cara de la soldadura debe ser vaciada o amolada hasta la superficie del material base, esta no puede pasar más de 1 mm y el refuerzo o relleno de la soldadura no puede pasar de los 3 mm.
- d) La raíz de la soldadura debe ser inspeccionada y no tiene que haber evidencias de fisuras, fusión incompleta o una inadecuada penetración de la junta.

2.3.2.2. Ensayos no destructivos.

Para nuestro proyecto es necesario realizar este tipo de pruebas según el código AWS D1.1, dentro de estas se encuentran el radiografiado y el ultra

sonido. Para nuestro estudio realizaremos la prueba de radiografiado en cada cupón que se encuentre soldado para cada tipo de junta.

2.3.2.3. Doblado de cara y de raíz.

Las probetas de nuestro proyecto solo serán maquinadas para dobleces de lado como lo muestra la figura 2.16, estas serán dobladas con una prensa en una máquina de 3 rodillos como se mostrará mas adelante de este proyecto, luego de pasar por este proceso las probetas se deben inspeccionar para que estas no tengan fisuras, porosidad y la penetración del material de aporte debe estar acorde con las especificaciones de la inspección visual.

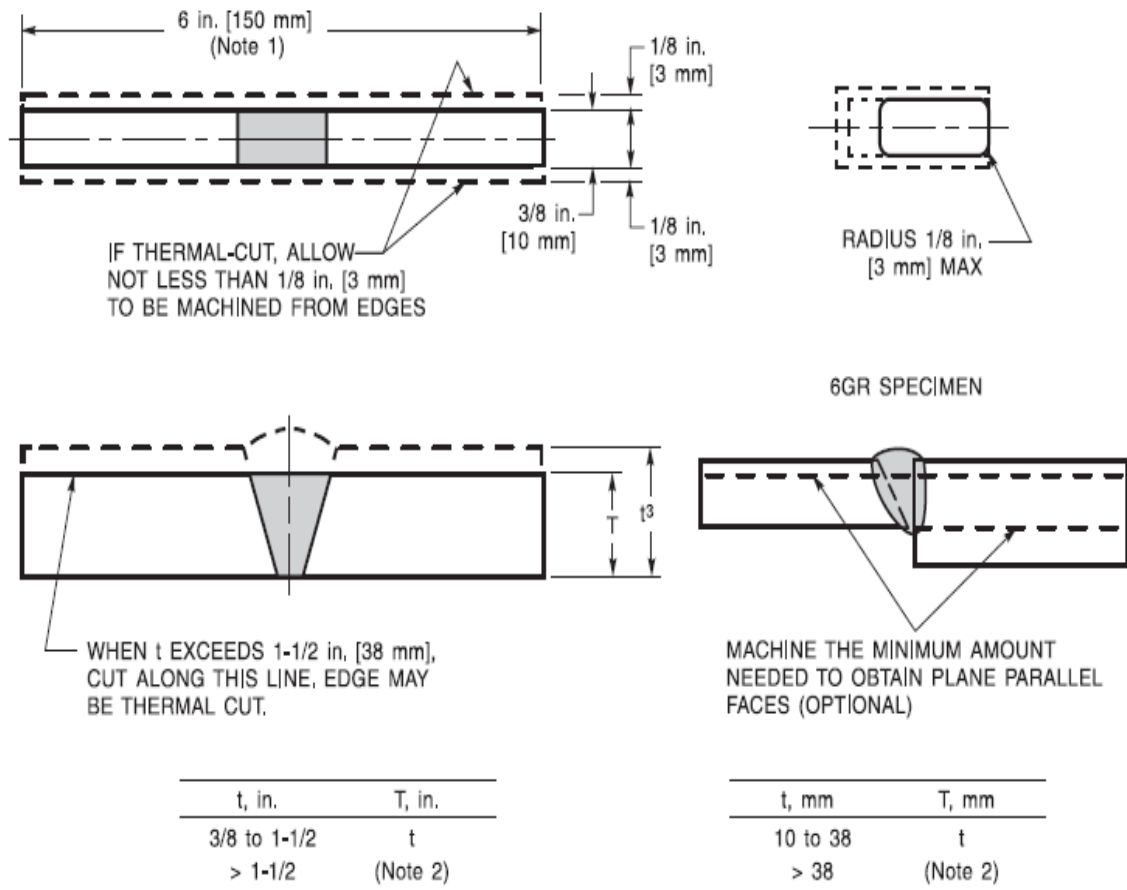


Fig. 2.16 Probeta para ensayos de doblado de lado (Figura tomada del código AWS D1.1.)

2.3.2.4. Ensayo de tracción.

Los ensayos de tracción serán realizados en la máquina de Ensayos Universales, las probetas a utilizar están establecidas según especificación del código AWS D1.1 y se indican en la figura 2.17.

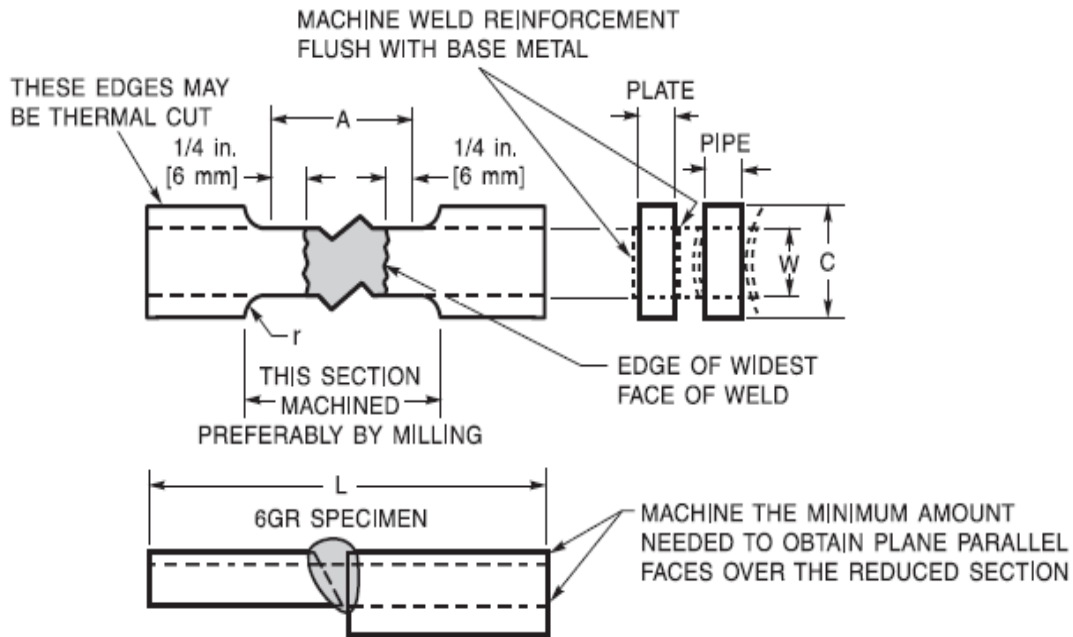


Fig. 2.17 Probeta para el ensayo de tracción (Figura tomada del código AWS D1.1.)

2.3.2.5. Macrografía.

Las pruebas de probetas de soldadura deben ser preparadas cuidadosamente para examinación de macrografía. Según los criterios de soldadura del código para la aceptación de la calificación del WPS son 4, pero en nuestro caso solo la utilizaremos tres de aquellos criterios para juntas de filete ya que los otros dos son para juntas de penetración parcial (PJP).

El primer criterio especifica que el filete debe tener una fusión completa de la raíz a la junta, pero no necesariamente más allá.

El segundo criterio determina que la medida de la pierna mínima del filete se obtendrá según el tamaño de la soldadura de filete especificado.

El tercer criterio indica que la junta no debe tener fisuras, debe tener una completa fusión entre el metal base y el material de aporte y no debe haber un repelado de la soldadura de más de 1mm.

Nota: Todos estos requerimientos y pruebas para la calificación de soldadura serán detallados en el punto 3.6

2.3.3. PARTE C CALIFICACIÓN DEL PERSONAL DE SOLDADURA.

El número y el tipo de pruebas de calificación requeridas para soldadores y operadores de soldadura se especificarán mas adelante, además tienen que pasar las siguientes pruebas:

- Inspección visual (punto 2.3.2.1)
- Doblado de cara y raíz (punto 2.3.2.3)
- Macrografía (punto 2.3.2.5)
- Rompimiento de la soldadura de filete (figura 2.19)

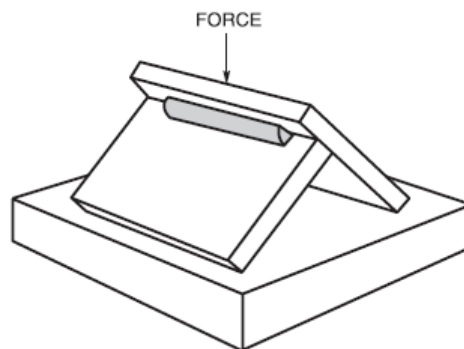


Fig. 2.18 Junta de filete para la calificación WPQR (Figura tomada del código AWS D1.1.)

Nota: Todos estos requerimientos y pruebas para la calificación del soldador serán detallados en el punto 3.

CAPÍTULO 3

DEFINICIÓN DE TIPOS DE JUNTAS A SER SOLDADAS

3.1. DETERMINACIÓN DE TIPOS DE JUNTA A SOLDAR

3.1.1. JUNTA FMSB-DI-WPS-01.

3.1.1.1. Descripción

Esta es una junta de penetración completa (CJP) como se indica en el código AWS D1.1, se la utiliza en la soldadura de planchas en las que la sección de la junta soldada deba tener al menos el mismo espesor del material base. Este tipo de junta es la más utilizada de las juntas de penetración completa y su diseño ha sido precalificado en la sección 3 del AWS D1.1 con la identificación B-U3-GF.

Para su ejecución, se inicia biselando las planchas por ambos lados con los ángulos especificados (a), respetando la altura del talón (T), para posteriormente, puntear las planchas dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia, entonces, la deposición de los cordones de soldadura siendo el del pase de raíz (cordón 1) el primero en ser depositado. Seguidamente, se continúa soldando el resto de cordones por el mismo lado hasta rellenar la junta. Una vez realizada esta labor, se giran las planchas y se repela el cordón de raíz hasta encontrar material sano. Como siguiente paso, se inicia el relleno de la junta por este lado hasta depositar el último cordón y consecuentemente, terminar la soldadura de la junta. A lo largo de todo este proceso, se debe controlar la deformación que puedan sufrir los materiales producto del calor aportado.

3.1.1.2. Representación

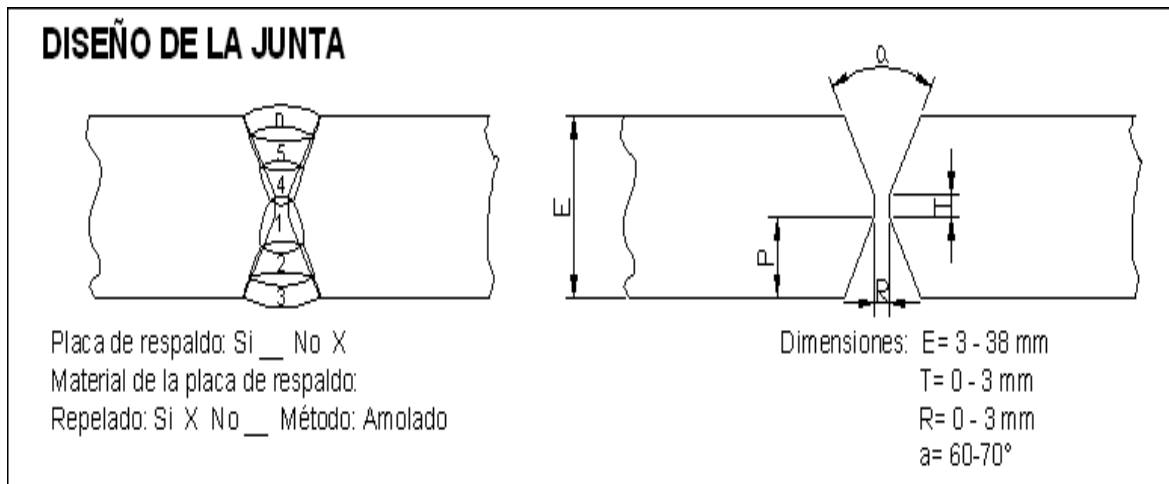


Fig. 3.1 Junta **FMSB-DI-WPS-01** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.2. JUNTA FMSB-DI-WPS-02.

3.1.2.1. Descripción

Esta es una junta de penetración completa (CJP) con su respectiva identificación B-U2-GF según el código AWS D1.1, en donde la fuerza de la junta en V, así como la ranura de la soldadura, dependen de la magnitud de penetración en la junta. Este tipo de junta se considera económica cuando la resta entre el espesor E y el talón T es menor a 19 mm, cuando es mayor es mejor optar por juntas de ranura en J o U.

Para la preparación de este tipo de junta, se inicia biselando las planchas por un solo lado con el ángulo especificado (α), respetando la altura del talón (T), para posteriormente, puntear las planchas dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia, entonces, la deposición de los cordones de soldadura siendo el del pase de raíz (cordón 1) el primero en ser depositado. Seguidamente, se continúa soldando el resto de cordones por el mismo lado hasta rellenar la junta en su totalidad.

3.1.2.2. Representación

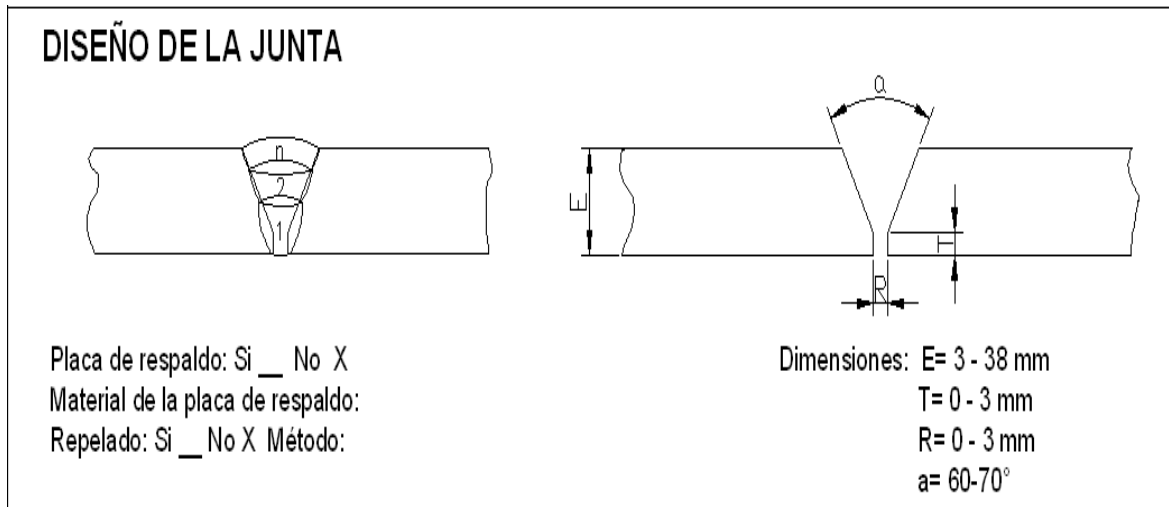


Fig. 3.2 Junta **FMSB-DI-WPS-2** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.3. JUNTA FMSB-DI-WPS-03.

3.1.3.1. Descripción

Este tipo de junta de penetración completa (CJP) al igual que las anteriores, con identificación B-U2a-GF según la norma AWS D1.1, comúnmente se la utiliza en la soldadura de planchas en la que el acceso detrás de la placa de respaldo es limitado.

Para la obtención de esta junta, se inicia biselando las planchas por un solo lado con el ángulo especificado (a), posteriormente se puntea las planchas con la placa de respaldo con las dimensiones especificadas y en la posición como se muestra en la figura 3.3, dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia la deposición de los cordones de soldadura en el orden mostrado hasta completar el relleno en su totalidad.

3.1.3.2. Representación

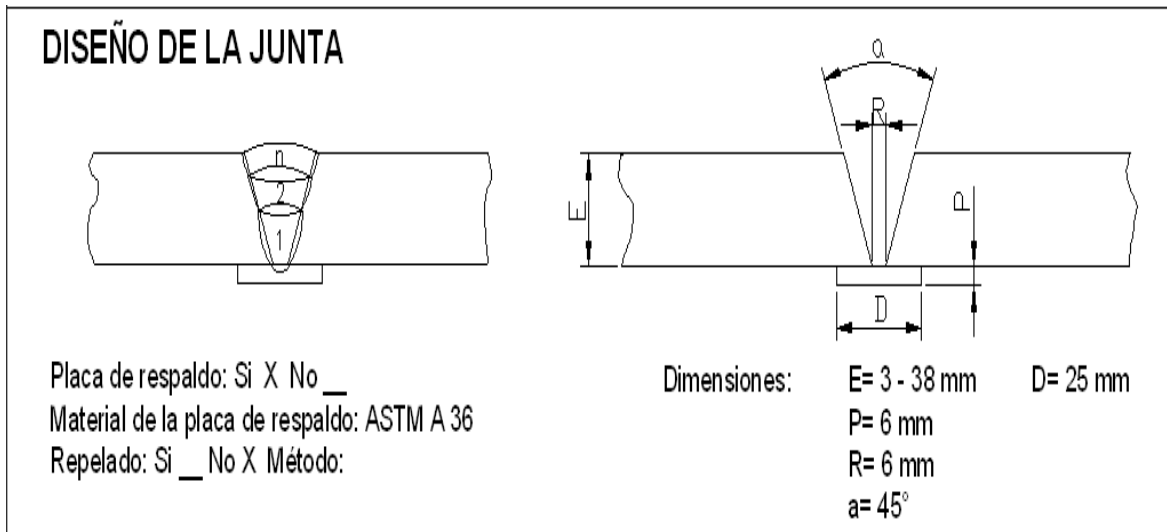


Fig. 3.3 Junta **FMSB-DI-WPS-3** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.4. JUNTA FMSB-DI-WPS-04.

3.1.4.1. Descripción

Según la norma AWS D1.1 este tipo de junta tiene identificación B-U4a-GF y corresponde a juntas de penetración completa (CJP), al igual que la junta anterior su acceso es limitado detrás de la placa de respaldo pero esta requiere mucho menos preparación ya que el bisel es de un solo lado y es más económica debido a que se necesita menos material de aporte para su relleno. Una de las desventajas de esta junta es que se debe utilizar una técnica en la que la soldadura tenga una fusión completa con la cara plana de la junta.

Se elabora biselando una de las planchas por un solo lado con el ángulo especificado (a), después se puntea las planchas con la placa de respaldo debajo de la junta, dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia la deposición de los cordones de soldadura en el orden indicado según la figura 3.4

3.1.4.2. Representación

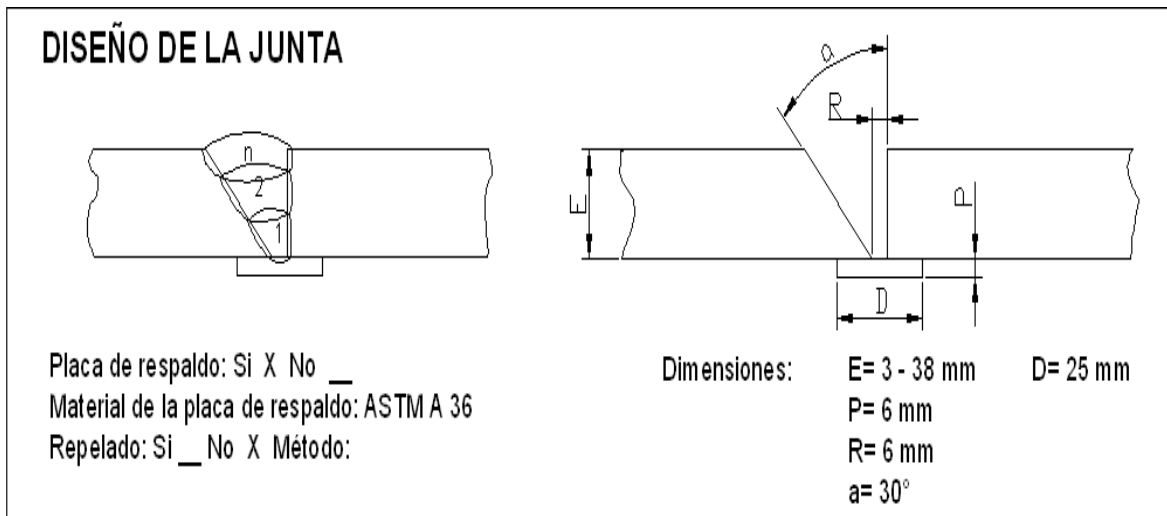


Fig. 3.4 Junta **FMSB-DI-WPS-4** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.5. JUNTA FMSB-DI-WPS-05.

3.1.5.1. Descripción

Esta es una junta de penetración completa (CJP) y se identifica según el código AWS D1.1 como TC-U4a-GF. Se la utiliza en la unión de planchas o placas en T y similarmente a las anteriores el acceso detrás de la placa de respaldo no es muy factible.

Para su fabricación, se bisela una de las planchas por un solo lado con el ángulo especificado (a), la otra plancha se colocará de forma vertical como se muestra en la figura 3.5, para posteriormente puntear las planchas con la placa de respaldo que se encuentra debajo de la una y pegada a la otra, dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia la deposición de los cordones de soldadura siguiendo el orden mostrado en la figura.

3.1.5.2. Representación

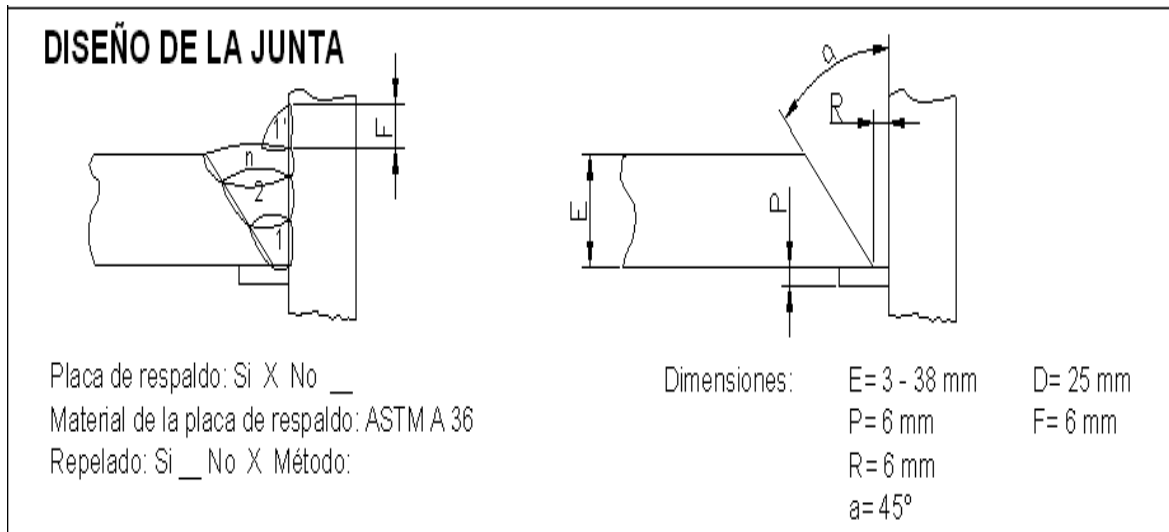


Fig. 3.5 Junta **FMSB-DI-WPS-5** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.6. JUNTA FMSB-DI-WPS-06.

3.1.6.1. Descripción

Se conoce como junta de penetración completa en K o junta de ángulo oblicuo doble (Double Bevel Groove Weld), no tiene identificación en el código AWS D1.1, esta junta se utiliza para la unión de placas o planchas en T, pero a diferencia de la anterior junta (TC-U4a-GF), el acceso no es limitado debajo de la junta ya que no tiene placa de respaldo.

Se realiza su construcción biselando la una plancha por ambos lados con los ángulos especificados (a), respetando la altura del talón (T), para posteriormente, puntear la placa del bisel con la otra en posición perpendicular o recta según el requerimiento de diseño, dejando entre ellas la apertura de raíz requerida (R). Se inicia, entonces, la deposición de los cordones de soldadura siguiendo el orden mostrado hasta completar el relleno requerido de un solo lado. Una vez realizada esta labor, se giran las planchas y se repela el cordón de raíz

hasta encontrar material sano. Como siguiente paso, se inicia el relleno de la junta por ese lado hasta depositar el último cordón y consecuentemente terminar el relleno de la junta.

3.1.6.2. Representación

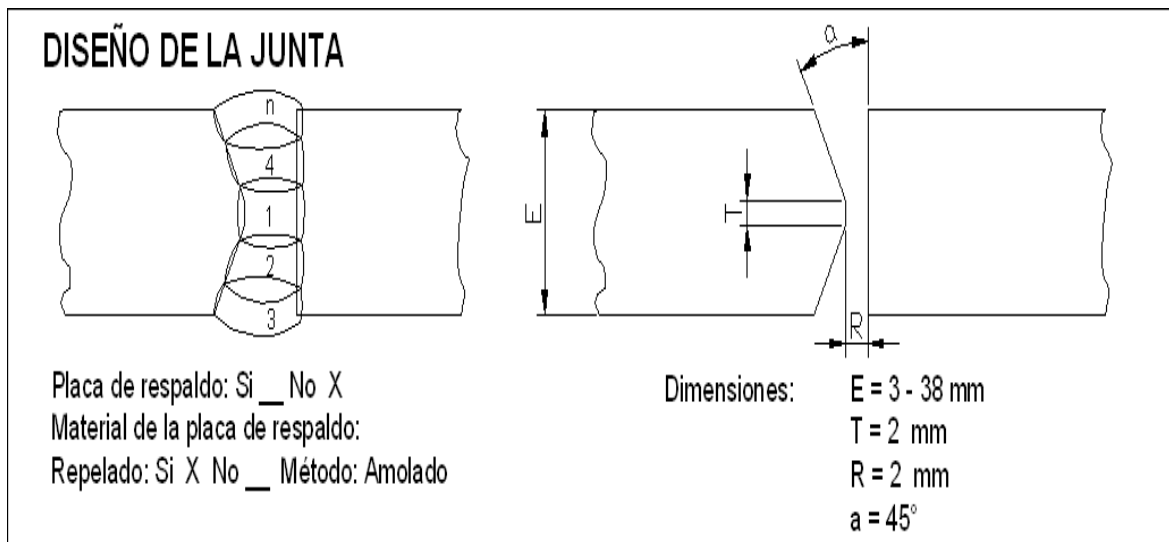


Fig. 3.6 Junta **FMSB-DI-WPS-6** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.1.7. JUNTA FMSB-DI-WPS-07.

3.1.7.1. Descripción

Esta es una junta en T con cordón de filete como se indica en el código AWS D1.1, se utiliza en la unión de planchas o placas para la construcción de elementos armados.

Se elabora partiendo de la unión de dos planchas, de forma perpendicular la una con la otra como se indica en la figura 3.7, la apertura de raíz (R) en este caso es 0 para espesores mayores a 3mm, es decir están juntas completamente; cabe recalcar que los espesores de las planchas tienen la misma dimensión, luego se inicia la deposición de los cordones de soldadura siguiendo el orden requerido por el diseño o por la junta.

3.1.7.2. Representación

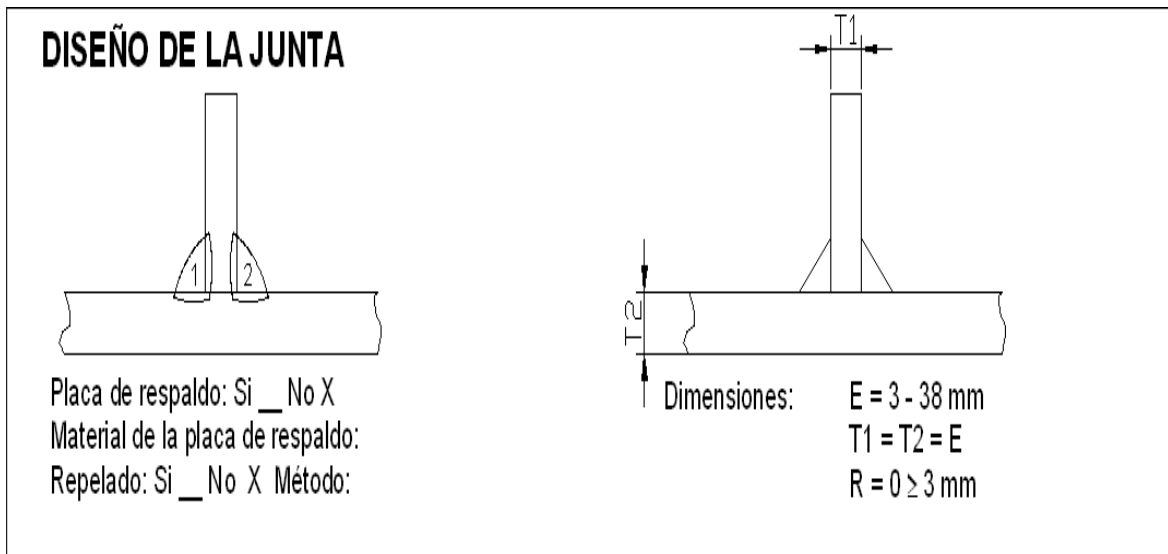


Fig. 3.7 Junta **FMSB-DI-WPS-7** (Figura tomada de FMSB "SANTA BÁRBARA" S.A.)

3.2. ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA WPS

Para la elaboración de las especificaciones de los procedimientos de soldadura (WPS) se partió de algunos hechos anteriormente en la fábrica, en los cuales se realizará una comprobación de los mismos ya que los tipos de juntas seleccionadas en el punto 3.1 ya se encontraban precalificadas dentro del código AWS D1.1, excepto la junta en K (FMSB-DI-WPS-06), todas estas comprobaciones se realizarán para tener un procedimiento más detallado sobre el orden de ubicación del material de aporte.

Para la junta en K (FMSB-DI-WPS-06), se realizará el WPS con amperajes y voltajes dados según la experiencia del soldador, los cuales serán comprobados en los PQR para la certificación del WPS

Nota1: Todos los WPS se encuentran en el anexo C1 y los PQR en el anexo D

3.3. CALIFICACIÓN Y COMPROBACIÓN DE WPS (PQR)

Antes de realizar los PQR de la junta en FMSB-DI-WPS-06, se procedió a realizar la calificación del soldador WPQR (Registro de calificación de procedimiento del soldador) como muestra la fotografía 3.1.



Fotog. 3.1 Calificación WPQR del soldador



Fotog. 3.2 Inspección visual de la probeta

Al completar el relleno con el material de aporte en la probeta como lo muestra la figura 3.2 se procedió a cortar la probeta (fig. 3.3), para realizar las pruebas de doblado como se indica en la fotografía 3.4.



Fotog. 3.3 Corte de la probeta para WPQR



Fotog. 3.3 Doblado de lado de la probeta

Nota: El WPQR del soldador se encuentra en el Anexo C2

Para la calificación de la junta en K se realizará todas las especificaciones del PQR según el código AWS D1.1 especificadas en el punto 2.3.2 debido a que este tipo de junta no se encuentra precalificada en la norma.

Nota: Los planos de las probetas utilizadas para los ensayos de doblado y de tracción se encuentran en los anexos A2 y A3.

Para la calificación y comprobación de los WPS de los otros tipos de juntas se realizará pruebas de doblado de lado en las probetas obtenidas de los cupones soldados con los diferentes tipos de electrodo según el código AWS D1.1, el cupón seleccionado se muestra a continuación:

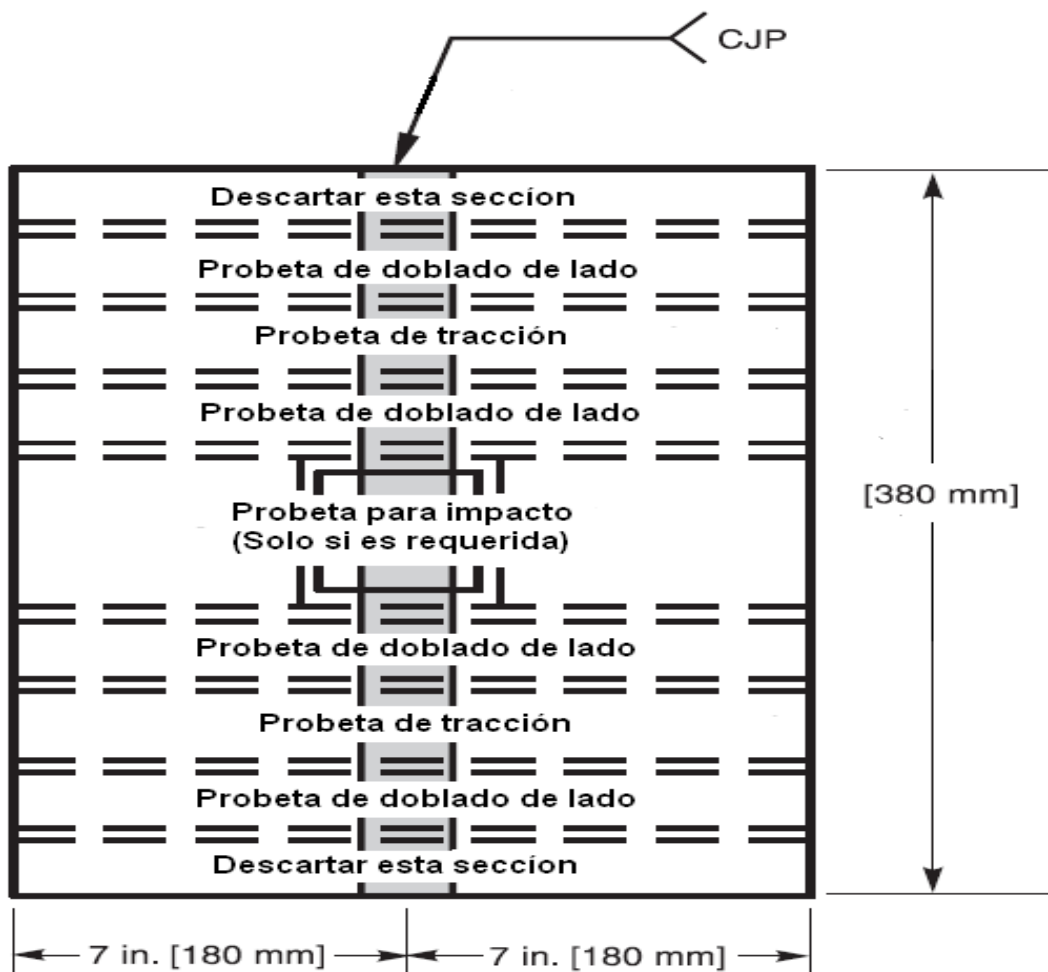


Fig. 3.8 Cupón para realizar el PQR (Figura tomada del código AWS D1.1.)

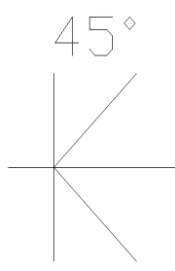
Nota1: Los planos de los cupones de todas las juntas utilizadas en este proyecto se encuentran en el anexo A1

Nota2: Todas las fotografías de los cupones soldados se encuentran en el archivo Fotoscupones del CD.

3.3.1. CALIFICACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-06.

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado al que se sometieron las probetas según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1, para que esta junta cumpla con el registro de calificación de procedimiento (PQR).

Tabla 3.1 Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-06																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
																
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

En el caso de encontrar discontinuidades los criterios de aceptación para la calificación del PQR que se encuentran en las tablas 3.1 y 3.3 a la 3.8 son los siguientes:

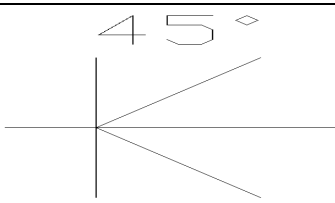
CR1: La medida de la discontinuidad no debe ser mayor a 3 mm medida en cualquier dirección.

CR2: La sumatoria de todas las discontinuidades no debe ser mayor a 10 mm siempre y cuando estas midan entre 1 y 3 mm de longitud medida en cualquier dirección.

CR3: Para las fisuras que existan en la esquina de la soldadura la medida mínima es de 6 mm, si estas ocurren del producto de la inclusión de escoria o por falta de fusión se deben considerar con el criterio 1

La siguiente tabla muestra los ensayos de tracción al que se sometieron las probetas según el punto 2.3.2.4 definido por el código AWS D1.1, para que esta junta cumpla con el registro de calificación de procedimiento (PQR).

Tabla 3.2 Tracción para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06

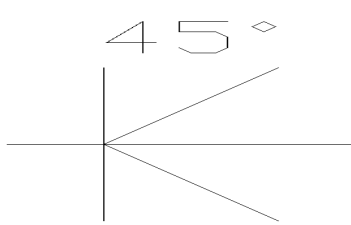
Ensayos de Tracción para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-06						
Electrodo	No	E6010+E7018	E7018	E71T-1	E81T1-Ni2	ER70S-6
		Cr1	Cr1	Cr1	Cr1	Cr1
	1	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√

El criterio de aceptación del PQR que se encuentra en la tabla 3.2 para el ensayo de tracción es el siguiente:

CR1: El esfuerzo de tensión al romperse la probeta no debe ser menor al mínimo del rango especificado de tensión del metal base usado.

La siguiente tabla muestra el análisis radiográfico al que se sometieron las probetas según el punto 2.3.2.2 definido por el código AWS D1.1, para que esta junta cumpla con el registro de calificación de procedimiento (PQR).

Tabla 3.3 Análisis radiográfico para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-06

Radiografía para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-06						
Electrodo	No	E6010+E7018	E7018	E71T-1	E81T1-Ni2	ER70S-6
	Cr1	√	√	√	√	√
	Cr2	√	√	√	√	√
	Cr3	√	√	√	√	√
	Cr4	√	√	√	√	√
	Cr5	√	√	√	√	√

En caso de existir discontinuidades los criterios de aceptación del PQR para análisis radiográfico en la tabla 3.3 son los siguientes:

CR1: Las discontinuidades alargadas (1/3 de la longitud) no deben ser mayores a una longitud de 10 mm.

CR2: La separación entre discontinuidades no debe ser menor a 40 mm.

CR3: Las discontinuidades redondeadas no deben tener un diámetro mayor a 6 mm.

CR4: Tratándose de discontinuidades aisladas, tales como nido de poros; si la suma de las mayores dimensiones de las discontinuidades excede el tamaño de la mayor discontinuidad permitida, la separación mínima a otra discontinuidad del mismo tipo debe ser al menos 30 mm.

CR5: La sumatoria de todas las discontinuidades pequeñas (entre 0 y 2.5 mm) en 25 mm parciales de la junta no debe ser mayor a 10 mm., este requerimiento es independiente de los criterios 1, 2 y 3.

CR6: La sumatoria de todas las discontinuidades largas o en línea no debe ser mayor a 114 mm siempre y cuando estas tengan una medida de 12 mm de longitud.

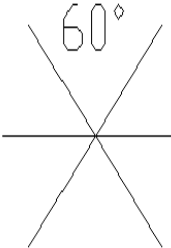
Nota1: Todas las fotografías de las pruebas hechas en las probetas se encuentran en el archivo Fotospruebas del CD.

Nota2: Todas las certificaciones de la calificación y la comprobación se encuentran en el anexo E

3.3.2. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-01

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado que se le sometió a la probeta según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS.

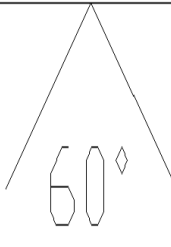
Tabla 3.4 Doblando de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-01

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-01																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√	√	√	√
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√	√	√	√

3.3.3. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-02

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado que se le sometió a la probeta según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS.

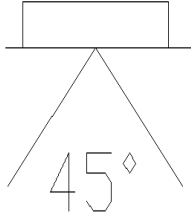
Tabla 3.5 Doblando de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-02

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-02																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X	X	X
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	X	X	X
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	X	√	√
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	X	X	X

3.3.4. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-03

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado que se le sometió a la probeta según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS.

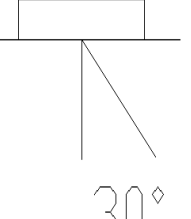
Tabla 3.6 Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-03

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-03																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√	X	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√	√	X	X

3.3.5. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-04

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado que se le sometió a la probeta según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS

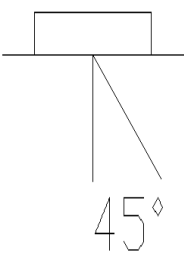
Tabla 3.7 Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-04

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-04																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X

3.3.6. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-05

La siguiente tabla muestra los ensayos de doblado de lado que se le sometió a la probeta según el punto 2.3.2.3 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS.

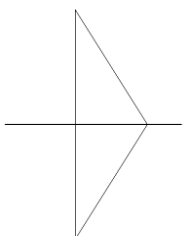
Tabla 3.8 Doblado de lado para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-05

Ensayos de doblado para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-05																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	X	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	X	√	√	√
	4	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	X	X	√

3.3.7. COMPROBACIÓN DE LA JUNTA FMSB-DI-WPS-07

La siguiente tabla muestra las macrográficas realizadas a la probeta según el punto 2.3.2.5 definido por el código AWS D1.1 para la comprobación del WPS.

Tabla 3.9 Macrografía para el PQR de la junta FMSB-DI-WPS-07

Análisis macrográfico para el PQR de la Junta FMSB-DI-WPS-07																
Electrodo	No	E6010+E7018			E7018			E71T-1			E81T1-Ni2			ER70S-6		
		Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3	Cr1	Cr2	Cr3
	1	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	2	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	3	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Los criterios de aceptación del PQR para el análisis macrográfico que se encuentran en la tabla 3.9 son los siguientes:

CR1: El filete debe tener una fusión completa de la raíz a la junta, pero no necesariamente más allá.

CR2: La medida de la pierna mínima del filete (8 mm.) se obtendrá según el tamaño de la soldadura de filete especificado.

CR3: La junta no debe tener fisuras, deberá tener una completa fusión entre el metal base y el material de aporte y las mordeduras si existiesen no deben ser mayores a 1 mm. El perfil no debe tener la geometría prohibidas en el literal 5.24 del código AWS D1.1.

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA Y CORTE.

4.1. DETERMINACIÓN Y CONTROL DE VARIABLES DENTRO DE LOS PROCESOS.

Dentro de los procesos de soldadura y corte existen parámetros eléctricos y operativos que varían los resultados en los ensayos para determinan los estándares de consumo de material, es por esto que se tendrá que controlar dichas variables con algunas técnicas que se detallará mas adelante en este capítulo para que la obtención de los estándares sea confiable y precisa.

4.1.1. PROCESOS DE SOLDADURA

Las variables más importantes dentro de los procesos de soldadura son las siguientes:

- Separación de las probetas
- Separación entre cordones de soldadura
- Amperaje, Voltaje y Velocidad de suministro del alambre
- Velocidad de Avance
- Flujo de gas de protección

4.1.1.1. Separación de las probetas.

Según el código AWS D1.1 cada tipo de junta tiene una separación normalizada entre las probetas a soldar según el tipo de junta, como se expuso en el punto 3.1. Esta distancia varía según el criterio del soldador, dando como

resultado que la separación de cada probeta va a ser diferente y por lo tanto la cantidad de material depositado también varíe.

Es por esto que para la realización de los ensayos en este proyecto se fabricará una probeta de 3 mm de espesor, 350 mm de largo y 100 mm de ancho como se muestra en la figura 4.1, la cual se introducirá en la mitad de las dos probetas a soldarse para evitar esta variación.

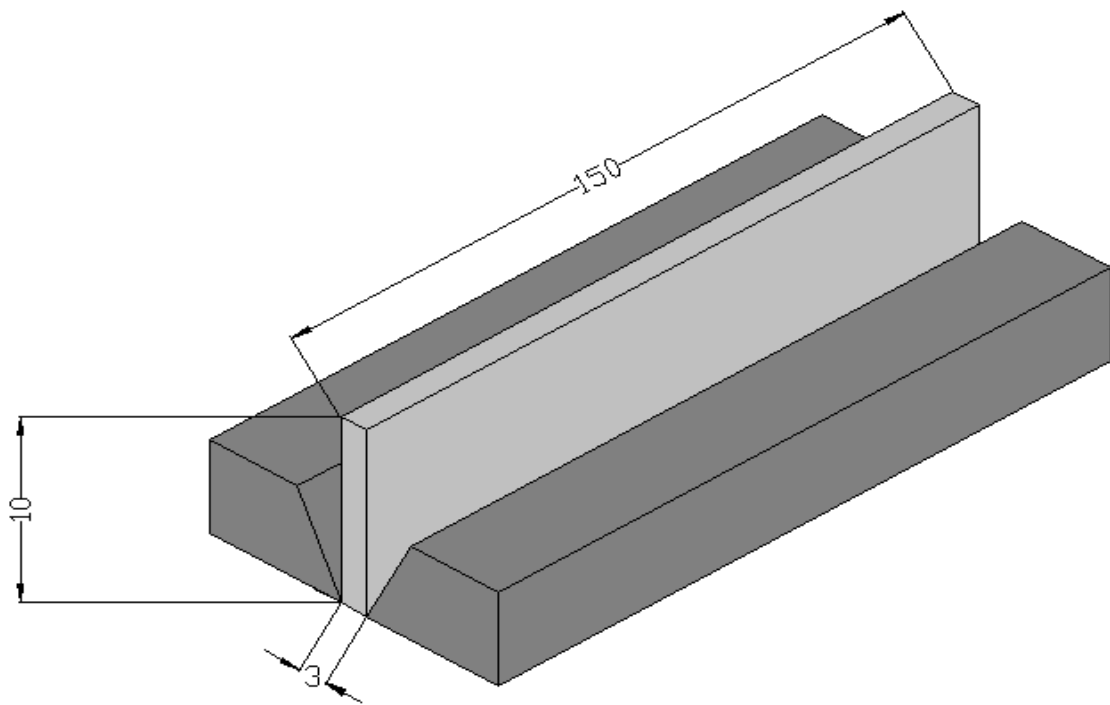


Fig. 4.1 Placa para la separación entre probetas

4.1.1.2. Separación entre cordones de soldadura

Esta variable es una de las más significativas en este proyecto, debido a que en cada ensayo de soldadura se requerirá una precisión absoluta en la longitud del cordón de material depositado, es por esto que se empleará una varilla que indicará las longitudes exactas de cada cordón (100 mm) con una separación de 25 mm entre ellos para evitar una variación significativa en peso del electrodo colocado en cada ensayo como lo muestra la figura 4.2 mostrada a continuación:

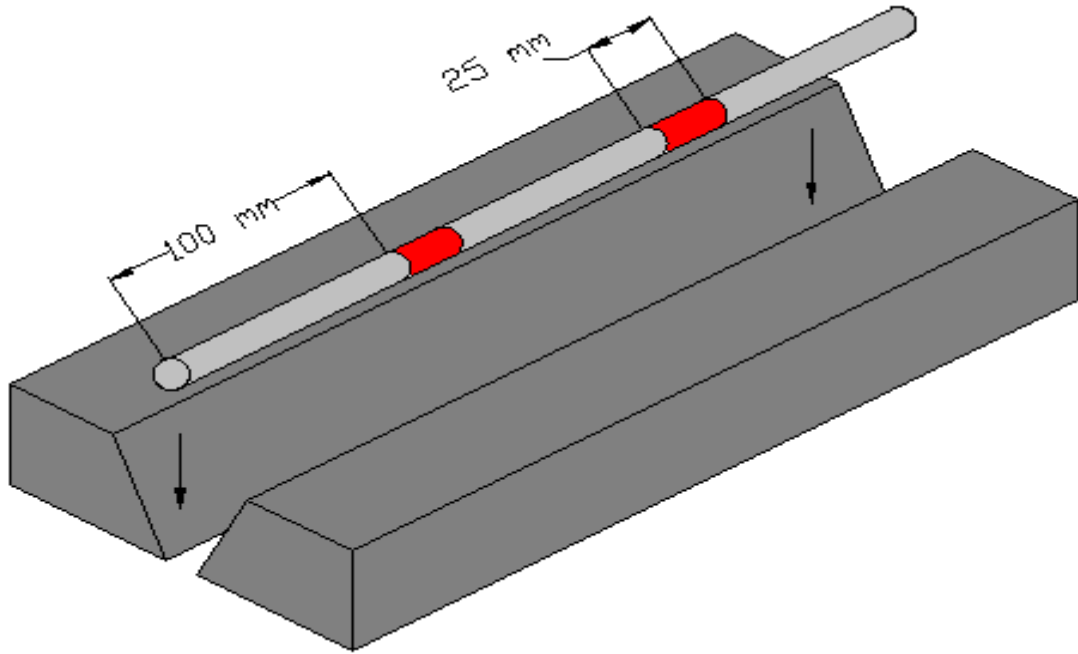


Fig. 4.2 Varilla para la separación entre ensayos

4.1.1.3. Amperaje, Voltaje y Velocidad de suministro del alambre

Para el proceso SMAW se requerirá de una fuente de poder de corriente constante debido a que en los procesos manuales de soldadura, la tensión del arco varía permanentemente como consecuencia de la variación de la longitud del arco, que a su vez, depende del pulso del soldador. Como se describió en el Capítulo II, para el proceso SMAW, el voltaje es variable en tanto que el amperaje es constante y se calibra en la máquina antes de iniciar el arco eléctrico.

A diferencia del proceso SMAW, para los otros dos procesos de soldadura en estudio, es decir, el GMAW y el FCAW, la variable a ser calibrada en el equipo antes de iniciar el trabajo y que permanecerá constante durante la ejecución del mismo, es el voltaje. La corriente eléctrica en este caso, dependerá de la ELA (extensión libre de alambre) y de la velocidad de salida del alambre, razón por la cual, ésta puede variar durante la ejecución de un trabajo de soldadura.

4.1.1.4. Velocidad de avance

Este parámetro depende enteramente de la habilidad del soldador y no interfiere significativamente en la cantidad de material de aporte depositado en los cordones de soldadura, toda vez, de que a pesar de que el soldador avance más rápido, la cantidad de material depositado cuando la junta ha sido terminada, permanece invariable. Este criterio queda demostrado en los resultados obtenidos en este proyecto, los mismos que según se observa, no se ven afectados por esta variable.

4.1.1.5. Flujo de gas de protección

Como ya se dijo anteriormente en el punto 4.1.1.3 esta variable depende de la velocidad de alimentación del alambre y se la controla regulando la válvula de entrega (flujómetro) según los requerimientos de la soldadura.

4.1.2. PROCESO DE OXICORTE.

Dentro de este proceso existen 4 tipos de variables esenciales que indican una variabilidad en la calidad del corte y son: presión de oxígeno, presión de acetileno, distancia de la boquilla a la plancha o placa, la velocidad de avance del corte y el tipo y número de boquilla que se emplea en este proceso.

4.1.2.1. Presión de oxígeno y acetileno.

La tabla 4.1 indica las presiones de oxígeno y acetileno recomendadas según el espesor del material para un corte apropiado de la chapa metálica.

Todos los ensayos de corte de este proyecto se basarán en un promedio de los valores de la tabla 4.1 según el espesor de placa que se requiera cortar, esto se controlará observando los manómetros y regulando las válvulas de los

tanques de acetileno y de oxígeno del equipo de corte cada que se realice un ensayo en las placas.

Tabla 4.1 Tabla de presiones de oxígeno y acetileno según el espesor del material (Tabla tomada del libro "Principios y Aplicaciones de Soldadura", Larry Jeffus)

Presiones de Corte	Ancho del Material (pulg/mm)										
	(1/8) (3)	(1/4) (6)	(1/2) (13)	(3/4) (19)	(1) (24)	(1 1/2) (37)	(2) (49)	(2 1/2) (61)	(3) (74)	(4) (98)	(5) (123)
Oxígeno (psi)	20	20	25	30	35	35	40	40	40	45	45
	25	25	30	35	40	40	45	45	45	55	55
Oxígeno (kPa)	140	140	170	200	240	240	275	275	275	310	310
	170	170	200	240	275	275	310	310	310	380	380
Acetileno (psi)	3	3	3	3	3	3	4	4	5	6	8
	5	5	5	5	5	5	8	8	11	13	14
Acetileno (kPa)	20	20	20	20	20	20	30	30	35	40	55
	35	35	35	35	35	35	55	55	75	90	95

4.1.2.2. Distancia de la boquilla al material.

La distancia recomendada para un corte efectivo en el material es de 3 a 10 mm como lo muestra la figura 4.3

En este proyecto esta distancia se regulará con un flexómetro antes de proceder a cortar cada espesor y será de 5 mm de longitud entre la boquilla y la placa, la precisión de esta variable no varía significativamente en los resultados como se demostrará más adelante en la realización de los ensayos.

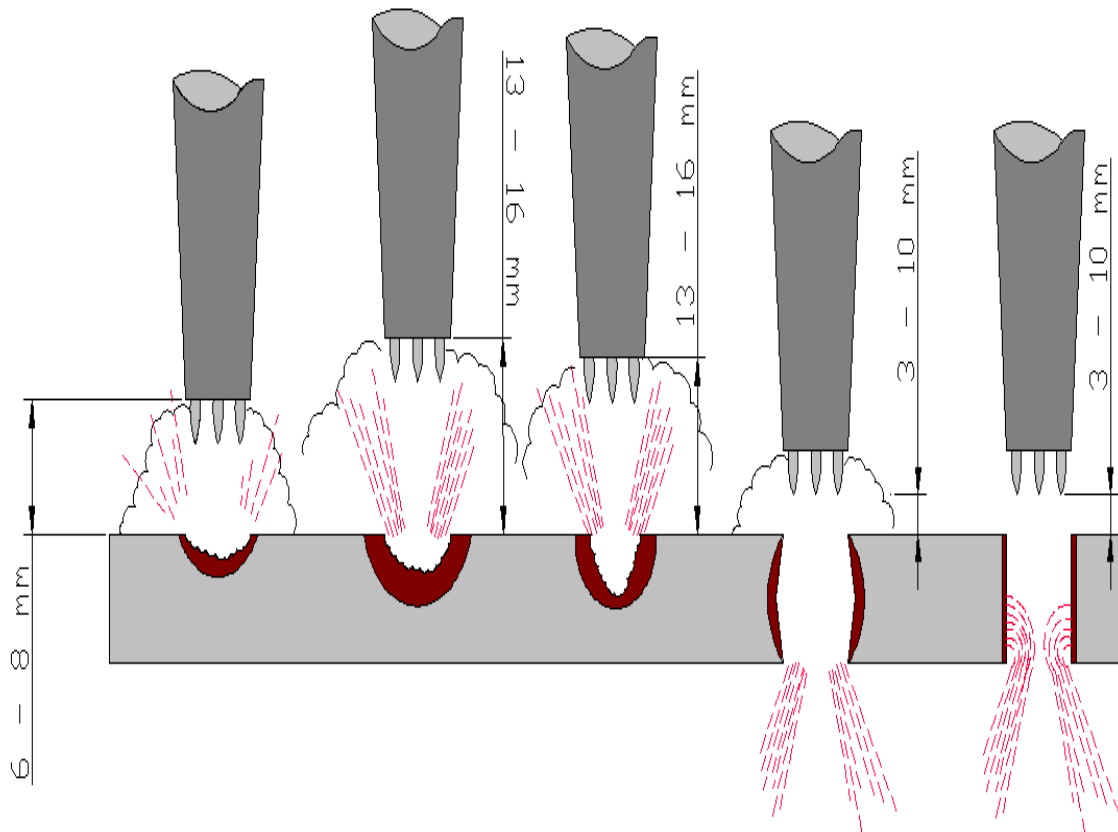


Fig. 4.3 Distancia de la boquilla al material

4.1.2.3. Velocidad de avance del corte.

La tabla 4.2 indican las velocidades de avance del corte manual y automática recomendadas según el espesor del material para un corte eficaz de la chapa metálica.

Esta variable será regulada en el pirotomo (tortuga) antes de proceder a cortar y será variada dentro de lo permisible de acuerdo a la tabla 4.2 según la calidad del corte cuando este se este ejecutando.

El valor de la velocidad de avance para los ensayos de corte en este proyecto será tomado de un promedio entre los 2 valores de cada espesor de la tabla 4.2

Tabla 4.2 Tabla de presiones de oxígeno y acetileno según el espesor del material (Tabla tomada del libro "Hojas de dato de ingeniería de Soldadura" Ted Jefferson)

Oxicorte Manual		
Espesor de Material	Presión oxígeno	Velocidad de corte
(pulg)	(psi)	(pulg/min)
1/8	15 - 23	20 - 30
1/4	11 - 20	16 - 26
3/8	17 - 25	15 - 24
1/2	20 - 30	12 - 22
3/4	24 - 35	12 - 20
1	28 - 40	9 - 18
1 1/2	28 - 40	6 - 18
2	22 - 50	6 - 13
3	33 - 55	4 - 10
4	42 - 60	4 - 8
5	53 - 70	3.5 - 6.4
6	45 - 80	3 - 5.4
8	60 - 67	2.6 - 4.2
10	75 - 96	1.9 - 3.2
12	69 - 86	1.4 - 2.6

Oxicorte con Máquina		
Espesor de Material	Presión oxígeno	Velocidad de corte
(pulg)	(psi)	(pulg/min)
1/8	15 - 23	22 - 30
1/4	11 - 35	20 - 28
3/8	17 - 40	19 - 26
1/2	20 - 55	17 - 24
3/4	24 - 50	15 - 22
1	28 - 55	14 - 19
1 1/2	28 - 55	12 - 15
2	22 - 60	10 - 14
3	33 - 50	8 - 11
4	42 - 60	6.5 - 9
5	53 - 65	5.5 - 7.5
6	45 - 65	4.5 - 6.5
8	60 - 90	3.7 - 4.9
10	75 - 90	2.9 - 4
12	69 - 105	2.4 - 3.5

4.1.2.4. Tipo y número de boquilla.

La siguiente tabla indica el tipo y número de boquilla recomendadas según el espesor del material para el corte de la chapa metálica.

La boquilla a emplearse en este proyecto solo será de la marca Víctor número 2, debido a que es la única que se utiliza en la fábrica y además cumple con los espesores de los ensayos a realizar de acuerdo a la tabla 4.3

Tabla 4.3 Tabla de presiones de oxígeno y acetileno según el espesor del material (Tabla tomada del libro "Principios y Aplicaciones de Soldadura")

Presiones de Corte	Ancho del Material (pulg/mm)										
	(1/8) (3)	(1/4) (6)	(1/2) (13)	(3/4) (19)	(1) (24)	(1 1/2) (37)	(2) (49)	(2 1/2) (61)	(3) (74)	(4) (98)	(5) (123)
Airco	00	00	1	1	2	2	3	4	4	5	6
Esab	1/4	1/4	1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2	4	4	4	4	8
Harris	000	000	0	1	1	2	2	3	3	3	4
Oxweld	2	2	4	6	6	6	8	8	8	8	8
Purox	3	3	4	4	5	5	7	7	7	7	5
Smith	00	00	1	2	2	3	3	4	4	4	9
Victor	000	000	0	1	2	2	3	4	4	5	6

4.2. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENSAYOS A REALIZAR

Para obtener el número de ensayos a realizar, previamente se debe conocer sobre el DEE (Diseño Estadístico de Experimentos)

4.2.1. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS

El DEE es una herramienta ampliamente utilizada en la actualidad, se considera una pieza fundamental en la ingeniería de calidad, con el fin de entrar en la etapa de optimización de los diseños para mejorar al máximo la calidad y la productividad al mismo tiempo, debido a que esta se basa en el manejo de las variables que mejoran al máximo la calidad al mínimo consumo de gastos.

4.2.1.1. Características del Diseño Estadístico de Experimentos.

- Es una de las más importantes herramientas dentro de la Gestión de Calidad Total
- Mejora simultáneamente la calidad y productividad al más bajo costo.

- Contribuye con una metodología con el fin de reducir la variabilidad de las características de los productos y de los procesos.
- El DEE se emplea en las fases de diseño y planificación de productos , servicios y procesos de fabricación, por otra parte se emplea también en la mejora de los procesos ya desarrollados.
- El DEE representa la calidad futura de los productos y los procesos en pleno diseño y fabricación.
- Reduce la variabilidad de las características de calidad de procesos y productos
- El DEE es una valiosa herramienta para obtener una mejora considerable de la calidad mediante la experimentación con variables o características de procesos y productos sometidos a estudio y el empleo de técnicas estadísticas.
- El DEE no se limita a un sector específico, con esto se puede aplicar en cualquier empresa y a cualquier tipo de proceso.

4.2.1.2. La Experimentación

La metodología para la experimentación comienza determinando las variables más representativas que influyen en un proceso para posteriormente realizar diferentes ensayos en base a la variación de sus valores en busca de resultados.

A continuación se detallará algunos aspectos que se debe tomar en cuenta para realizar los experimentos de una forma efectiva.

- Buscar en lo posible la simplicidad del experimento, pero debe existir concordancia entre la sencillez y la suficiencia de información.
- A medida que aumenta el tamaño del diseño a realizar, aumenta la precisión pero disminuye la manejabilidad
- Los resultados y conclusiones no se deben extrapolar dentro del intervalo de validez que se ha realizado el estudio, la linealidad del proceso

no siempre esta asegurada hasta que no se verifique con la experimentación.

El proceso de experimentación consta de una serie de etapas preestablecidas que representan una idea más ordenada y sencilla de las operaciones a realizar.

- a) Recopilación de Información:** se recopila toda la información necesaria de una forma adecuada para lograr efectividad en el estudio además se debe conocer perfectamente el proceso o producto que se someterá a estudio y mejora.
- b) Establecimiento de los objetivos principales:** se debe conocer los objetivos que se van a alcanzar con el diseño de experimentos.
- c) Presupuesto disponible:** una vez establecidos los objetivos y que la información se encuentre recopilada, es de mucha importancia conocer si se cuenta con el presupuesto para la planificación de los ensayos, personal, insumos, instrumentación, etc.
- d) Realización de los ensayos:** se llevará de forma arbitraria o aleatoria, sin un orden establecido, obteniéndose con esto mayor objetividad y precisión.
- e) Análisis de los resultados de los diversos ensayos:** se realizará un estudio minucioso de toda la información disponible mediante gráficas y tablas que nos faciliten el análisis.
- f) Conclusiones:** Se elaborará las conclusiones sobre el estudio realizado, en la que se debe indicar si se han alcanzado los objetivos planteados al inicio del proyecto.

Para mas exactitud en la obtención de los estándares de consumo se debería realizar como mínimo 5 ensayos en cada probeta, pero por razones económicas la fábrica no desea afrontar con dicho gasto además el realizar 5 ensayos llevaría mas tiempo de lo establecido para la entrega de este proyecto.

Con lo dicho anteriormente en este proyecto se realizará 3 ensayos por cada espesor de plancha y de cada tipo de junta en el caso de soldadura y para corte solo de cada espesor como ya será detallado en el punto 4.2.2 y 4.2.3

4.2.2. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE SOLDADURA.

- Se seleccionará planchas de acero ASTM A 36 con espesores de 12, 15, 20 y 30 mm.
- Se cortará cada plancha de acero con las dimensiones indicadas en la figura 4.4 y con el respectivo bisel para cada tipo de junta como ya se expuso anteriormente en el punto 3.1.

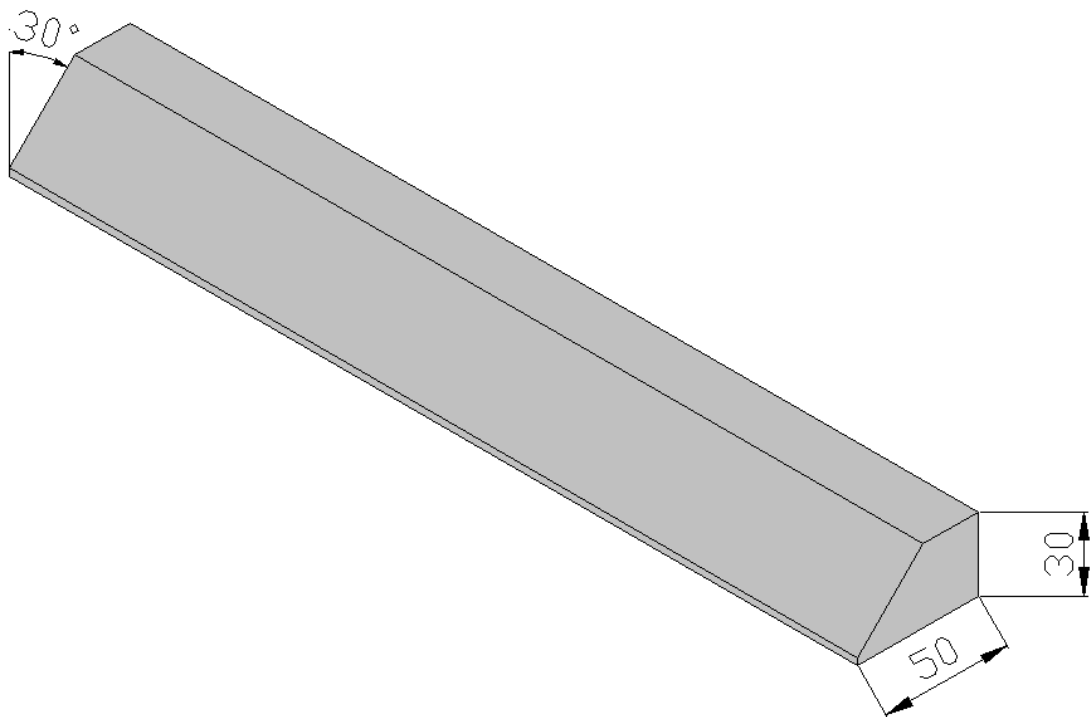


Fig. 4.4 Probeta de la junta FMSB-DI-WPS-02 para ensayos de consumo en soldadura

- Se procederá a soldar cada tipo de junta con su respectivo espesor según el proceso de soldadura y la clase de electrodo hasta rellenar los 100 mm de cordón, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cordones de soldadura debe ser 25 mm como muestra la figura 4.5.

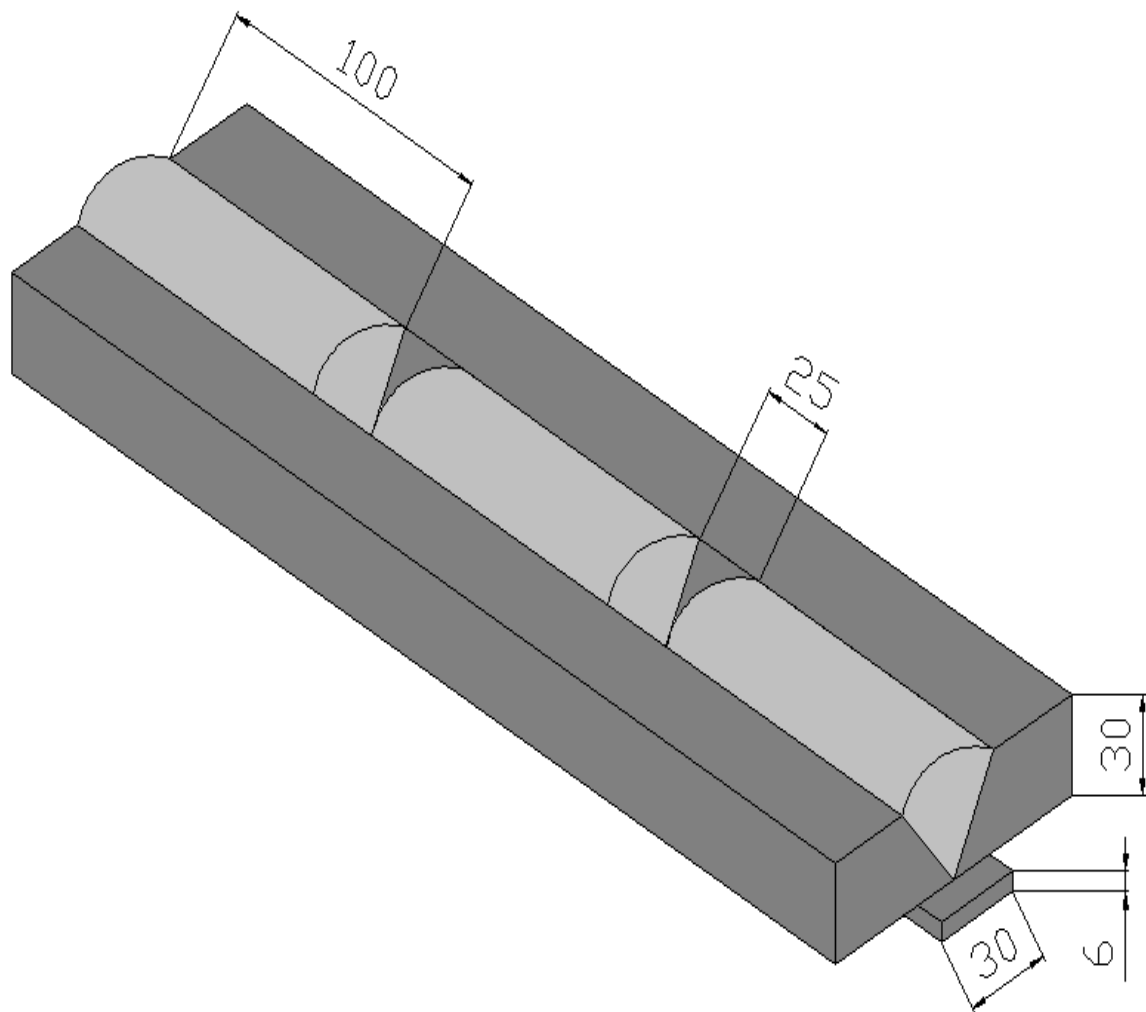









Fig. 4.5 Probeta de la junta FMSB-DI-WPS-03 con material de aporte

- En una tabla se anotarán todos los resultados obtenidos en el ensayo, estos pueden ser pesos de material depositado y consumido, cantidad de gas utilizado dependiendo del proceso de soldadura, tiempos como muestra la tabla 4.4.

Nota: La certificación de la calibración de la balanza, con la cual se toman las variaciones de peso del material depositado se encuentran en el anexo E

Tabla 4.4 Tabla de recopilación de datos para los ensayos de soldadura

Electrodo	<input type="text"/>			Proceso <input type="text"/>			
Espesor junta(mm)	<input type="text"/>						
JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete
DATOS (Kg)							
Peso sin suelda							
Peso inicial cilindro							
Peso rollo							
Ensayo 1	100 mm						
Peso probeta							
Tiempo							
Peso cilindro							
Peso rollo							
Ensayo 2	100 mm						
Peso probeta							
Tiempo							
Peso cilindro							
Peso rollo							
Ensayo 3	100 mm						
Peso probeta							
Tiempo							
Peso cilindro							
Peso rollo							

4.2.3. PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE CORTE.

- Se seleccionará planchas de acero ASTM A 36 con espesores de 5,10, 15, 20 y 30 mm.

- Se procederá a cortar las planchas de cada espesor hasta llegar a 1 m de longitud, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cortes es criterio del operario con tal que no se cruce cada corte como muestra la figura 4.6.

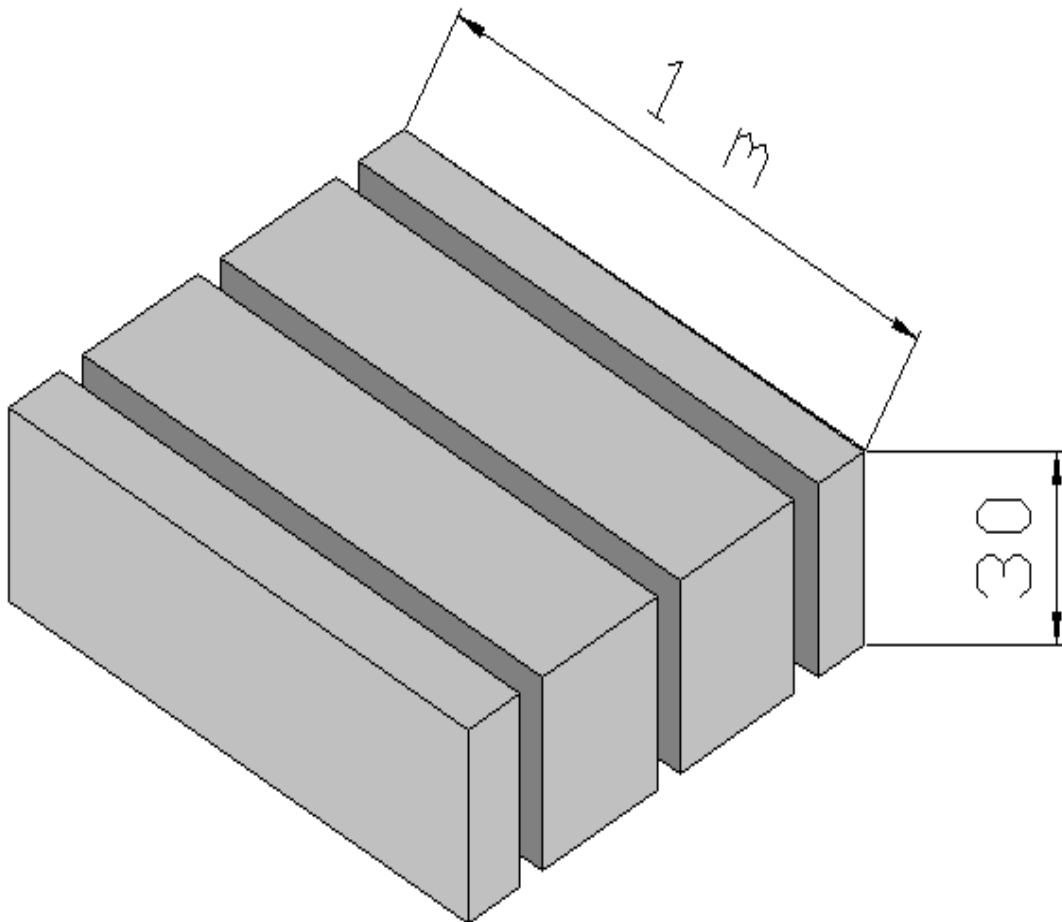


Fig. 4.6 Probeta para los ensayos de corte

- En una tabla se anotarán todos los resultados obtenidos en el ensayo, estos pueden cantidades de gas utilizado en el oxicorte, velocidad de avance del corte y tiempos como muestra la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Tabla de recopilación de datos del proceso de Oxicorte

ESPEORES	5,00	10,00	15,00	20,00	30,00
Peso tanque Oxígeno [Kg]					
Peso tanque Acetileno [Kg]					
	1 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]					
Peso gas Acetileno [Kg]					
Velocidad de Avance [pulg/min]					
Presión Oxígeno [psi]					
Presión Acetileno [psi]					
Tiempo					
	2 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]					
Peso gas Acetileno [Kg]					
Velocidad de Avance [pulg/min]					
Presión Oxígeno [psi]					
Presión Acetileno [psi]					
Tiempo					
	3 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]					
Peso gas Acetileno [Kg]					
Velocidad de Avance [pulg/min]					
Presión Oxígeno [psi]					
Presión Acetileno [psi]					
Tiempo					

CAPÍTULO 5

EJECUCIÓN DE ENSAYOS Y OBTENCIÓN DE DATOS.

5.1. EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE SOLDADURA.

5.1.1. PROCESO SMAW.

5.1.1.1. Procedimiento E7018.

- La probeta para los ensayos debe ser pesada antes de ser soldada
- Se procederá a soldar cada tipo de junta con su respectivo espesor con el proceso SMAW, solo con el electrodo 7018 ya que precalifico sin el pase de raíz del 6010 hasta rellenar los 100 mm de cordón, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cordones de soldadura debe ser 25 mm como muestra la figura 4.3 del capítulo 4.
Nota: cada vez que realiza un cordón este debe ser despojado de escoria que queda luego del proceso con una grata.
- Cada vez que se complete los 100 mm de cordón se pesará nuevamente la probeta para saber que cantidad de material de aporte se necesito para llenar la junta y además el tiempo que se demoro en completar dicho ensayo

Tabla 5.1 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 12.7 mm del proceso de SMAW

Electrodo:	E 7018	Proceso:	SMAW
Espesor junta (mm):	12.7	Peso electrodo (Kg):	0,04







JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete		
DATOS (Kg)									
Peso s/ sold	2.83	3.25	3.32	3.44	3.22	3.04	3.38		
1 (100 mm)									
Peso	2.86	2.91	3.36	3.43	3.54	3.26	3.34	3.11	3.44
Tiempo	1'00"	1'01"	5'06"	4'52"	4'53"	1'14"	1'00"	3'19"	2'24"
# Electrodo	1	1	4	4	5	1	1	3	2
DIFERENCIA	0.03	0.01	0.11	0.11	0.10	0.04	0.02	0.07	0.06
2 (100 mm)									
Peso	2.88	2.94	3.47	3.52	3.64	3.29	3.36	3.18	3.48
Tiempo	1'09"	1'12"	6'04"	4'45"	5'16"	1'31"	1'11"	3'20"	2'22"
# Electrodo	1	1	5	4	5	1	1	3	2
DIFERENCIA	0.02	0.03	0.11	0.09	0.10	0.03	0.02	0.07	0.04
3 (100 mm)									
Peso	2.90	2.97	3.56	3.62	3.75	3.32	3.38	3.25	3.53
Tiempo	1'00"	1'16"	4'17"	4'38"	5'22"	1'08"	1'04"	3'13"	2'18"
# Electrodo	1	1	5	4	5	1	1	3	2
DIFERENCIA	0.02	0.03	0.09	0.10	0.11	0.03	0.02	0.07	0.05
	0.023	0.023	0.103	0.100	0.103	0.033	0.020	0.070	0.050
PROMEDIO	0.047	0.103	0.100	0.103	0.053	0.070	0.050		

Tabla 5.2 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 15 mm del proceso de SMAW

Electrodo:	E 7018	Proceso:	SMAW
Espesor junta (mm):	15.00	Peso electrodo (Kg):	0,04





JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete		
DATOS (Kg)									
Peso s/ sold	3.84	4.01	4.26	4.44	4.15	3.52	4.32		
1 (100 mm)									
Peso	3.92	4.02	4.13	4.38	4.53	4.17	4.27	3.64	4.37
Tiempo	2'14"	2'11"	5'43"	5'56"	6'02"	1'12"	2'05"	5'52"	2'19"
# Electrodo	2.00	2.00	5.00	5.00	6.00	1.00	2.00	5.00	2.00
DIFERENCIA	0.08	0.01	0.12	0.12	0.09	0.02	0.02	0.12	0.05
2 (100 mm)									
Peso	3.97	4.07	4.27	4.50	4.69	4.23	4.32	3.75	4.41
Tiempo	2'23"	2'17"	6'38"	5'13"	6'03"	1'44"	2'29"	5'43"	2'10"
# Electrodo	2.00	2.00	5.00	5.00	6.00	2.00	2.00	5.00	2.00
DIFERENCIA	0.05	0.05	0.14	0.12	0.16	0.06	0.05	0.11	0.04
3 (100 mm)									
Peso	4.01	4.12	4.38	4.58	4.81	4.25	4.36	3.84	4.45
Tiempo	1'59"	2'05"	5'51"	4'23"	6'17"	1'12"	2'19"	4'46"	2'06"
# Electrodo	2.00	2.00	5.00	5.00	6.00	1.00	2.00	4.00	2.00
DIFERENCIA	0.04	0.05	0.11	0.08	0.12	0.02	0.04	0.09	0.04
	0.057	0.037	0.123	0.107	0.123	0.033	0.037	0.107	0.043
PROMEDIO	0.093	0.123	0.107	0.123	0.070	0.107	0.043	0.107	0.043

Tabla 5.3 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 20 mm del proceso de SMAW

Electrodo:	E 7018	Proceso:	SMAW
Espesor junta (mm):	20.00	Peso electrodo (Kg):	0,04


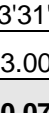
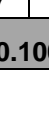









JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete		
DATOS (Kg)									
Peso s/ sold	4.95	4.75	4.81	5.55	4.79	4.57	4.97		
1 (100 mm)									
Peso	5.02	5.19	4.97	4.95	5.80	4.85	5.01	4.71	5.13
Tiempo	3'31"	3'42"	10'42"	8'29"	12'40"	2'51"	3'23"	9'02"	6'25"
# Electrodos	3.00	3.00	7.00	7.00	11.00	2.00	3.00	8.00	6.00
DIFERENCIA	0.07	0.02	0.22	0.14	0.25	0.06	0.05	0.14	0.16
2 (100 mm)									
Peso	5.09	5.27	5.18	5.16	6.04	4.90	5.04	4.86	5.25
Tiempo	3'31"	3'13"	10'59"	9'24"	13'06"	2'28"	2'08"	7'37"	6'07"
# Electrodos	3.00	3.00	10.00	8.00	11.00	2.00	2.00	7.00	6.00
DIFERENCIA	0.07	0.08	0.21	0.21	0.24	0.05	0.03	0.15	0.12
3 (100 mm)									
Peso	5.17	5.33	5.31	5.32	6.26	4.96	5.09	4.98	5.37
Tiempo	3'03"	3'21"	9'35"	8'36"	11'10"	2'31"	2'26"	7'01"	6'07"
# Electrodos	3.00	3.00	8.00	8.00	10.00	2.00	2.00	7.00	6.00
DIFERENCIA	0.08	0.06	0.13	0.16	0.22	0.06	0.05	0.12	0.12
	0.073	0.053	0.187	0.170	0.237	0.057	0.043	0.137	0.133
PROMEDIO	0.127		0.187	0.170	0.237	0.100		0.137	0.133

Tabla 5.4 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 30 mm del proceso de SMAW

Electrodo:	E 7018	Proceso:	SMAW
Espesor junta (mm):	30.00	Peso electrodo (Kg):	0,04

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete		
DATOS (Kg)									
Peso s/ sold	6.86	7.18	7.05	5.26	7.62	5.93	12.61		
1 (100 mm)									
Peso	7.02	7.40	7.61	7.36	5.85	7.75	8.06	6.43	12.74
Tiempo	6'51"	4'07"	20'08"	14'41"	26'39"	6'00"	3'26"	24'10"	7'27"
# Electrodos	7.00	4.00	19.00	14.00	25.00	5.00	4.00	21.00	8.00
DIFERENCIA	0.16	0.07	0.43	0.31	0.59	0.13	0.05	0.50	0.13
2 (100 mm)									
Peso	7.18	7.48	8.01	7.67	6.40	7.89	8.16	6.86	12.91
Tiempo	7'39"	4'02"	17'06"	14'57"	29'05"	6'17"	4'47"	20'24"	7'10"
# Electrodos	7.00	4.00	15.00	14.00	25.00	6.00	4.00	19.00	8.00
DIFERENCIA	0.16	0.08	0.40	0.31	0.55	0.14	0.10	0.43	0.17
3 (100 mm)									
Peso	7.33	7.53	8.41	8.02	6.94	8.01	8.24	7.35	13.08
Tiempo	7'02"	4'12"	19'09"	15'52"	25'32"	5'10"	3'50"	23'39"	7'25"
# Electrodos	6.00	4.00	17.00	16.00	23.00	5.00	4.00	22.00	8.00
DIFERENCIA	0.15	0.05	0.40	0.35	0.54	0.12	0.08	0.49	0.17
	0.157	0.067	0.410	0.323	0.560	0.130	0.077	0.473	0.157
PROMEDIO	0.223	0.410	0.323	0.560	0.207	0.473	0.157	0.473	0.157

5.1.2. PROCESO GMAW.

5.1.2.1. Procedimiento ER70S-6.

- La probeta para los ensayos debe ser pesada antes de ser soldada, así como también el rollo del electrodo ER70S-6 y el tanque del gas de protección
- Se procederá a soldar cada tipo de junta con su respectivo espesor con el proceso GMAW, hasta rellenar los 100 mm de cordón, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cordones de soldadura debe ser 25 mm como muestra la figura 4.3 del capítulo 4.
Nota: cada vez que realiza un cordón este debe ser despojado de escoria que queda luego del proceso con una grata.
- Cada vez que se complete los 100 mm de cordón se pesará nuevamente la probeta, rollo del electrodo y tanque de gas de protección para saber que cantidad de material de aporte y consumo de gas que se necesito para llenar la junta y además el tiempo que se demoro en completar dicho ensayo

Tabla 5.5 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 12.7 mm del proceso de GMAW

Electrodo: **E R70S-6** Proceso: **GMAW**
 Espesor junta (mm): **12.70**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 6mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.00	3.71	3.36	3.33	3.11	2.99	3.47
Peso cilind.	86.31	86.99	86.61	86.76	86.34	86.46	86.18
Peso rollo	3.41	4.93	4.12	4.51	3.26	3.71	3.01
1 (100 mm)							
Peso	3.07	3.83	3.47	3.45	3.19	3.06	3.53
Tiempo	1'09"	2'10"	1'47"	1'57"	1'31"	1'07"	1'13"
Peso cilind.	86.22	86.97	86.55	86.71	86.16	86.42	86.10
Peso rollo	3.34	4.77	3.97	4.38	3.13	3.65	2.91
DIF. Peso	0.07	0.12	0.11	0.12	0.08	0.07	0.06
DIF. Gas	0.09	0.02	0.06	0.05	0.18	0.04	0.08
DIF. Rollo	0.07	0.16	0.15	0.13	0.13	0.06	0.10
2 (100 mm)							
Peso	3.14	3.97	3.61	3.58	3.27	3.16	3.61
Tiempo	1'12"	2'20"	1'58"	2'02"	1'23"	1'23"	1'29"
Peso cilind.	86.14	86.85	86.52	86.63	86.15	86.37	86.06
Peso rollo	3.32	4.62	3.85	4.24	3.10	3.55	2.83
DIF. Peso	0.07	0.14	0.14	0.13	0.08	0.10	0.08
DIF. Gas	0.08	0.12	0.03	0.08	0.01	0.05	0.04
DIF. Rollo	0.02	0.15	0.12	0.14	0.03	0.10	0.08
3 (100 mm)							
Peso	3.21	4.10	3.72	3.70	3.34	3.22	3.71
Tiempo	1'13"	2'05"	1'51"	1'50"	1'23"	1'00"	1'34"
Peso cilind.	86.05	86.76	86.46	86.61	86.18	86.34	86.05
Peso rollo	3.26	4.51	3.74	4.12	3.01	3.48	2.76
DIF. Peso	0.07	0.13	0.11	0.12	0.07	0.06	0.10
DIF. Gas	0.09	0.09	0.06	0.02	0.03	0.03	0.01
DIF. Rollo	0.06	0.11	0.11	0.12	0.09	0.07	0.07

Tabla 5.6 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 15 mm del proceso de GMAW

Electrodo: **E R70S-6** Proceso: **GMAW**
 Espesor junta (mm): **15.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 12 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.89	4.11	4.20	3.87	3.50	4.15	4.31
Peso cilind.	52.88	62.60	62.30	62.85	62.12	53.22	52.67
Peso rollo	2.30	14.10	13.66	17.61	13.21	0.76	2.05
1 (100 mm)							
Peso	3.98	4.24	4.31	4.04	3.60	4.21	4.42
Tiempo	1'54"	2'29"	1'49"	2'39"	1'41"	1'03"	2'25"
Peso cilind.	52.81	62.50	62.25	62.76	62.07	53.18	52.62
Peso rollo	2.23	13.98	13.47	14.46	13.13	0.70	1.93
DIF. Peso	0.09	0.13	0.11	0.17	0.10	0.06	0.11
DIF. Gas	0.07	0.10	0.05	0.09	0.05	0.04	0.05
DIF. Rollo	0.07	0.12	0.19	3.15	0.08	0.06	0.12
2 (100 mm)							
Peso	4.08	4.38	4.45	4.20	3.70	4.26	4.54
Tiempo	2'07"	2'00"	2'05"	2'52"	1'33"	0'57"	2'41"
Peso cilind.	52.72	62.36	62.19	62.69	62.04	53.15	52.51
Peso rollo	2.13	13.77	13.37	14.25	13.05	0.63	1.81
DIF. Peso	0.10	0.14	0.14	0.16	0.10	0.05	0.12
DIF. Gas	0.09	0.14	0.06	0.07	0.03	0.03	0.11
DIF. Rollo	0.10	0.21	0.10	0.21	0.08	0.07	0.12
3 (100 mm)							
Peso	4.16	4.49	4.57	4.33	3.81	4.31	4.66
Tiempo	1'55"	1'58"	1'52"	2'16"	1'50"	0'59"	2'44"
Peso cilind.	52.67	62.30	62.12	62.60	61.97	53.12	52.41
Peso rollo	2.05	13.66	13.21	14.10	12.89	0.56	1.65
DIF. Peso	0.08	0.11	0.12	0.13	0.11	0.05	0.12
DIF. Gas	0.05	0.06	0.07	0.09	0.07	0.03	0.10
DIF. Rollo	0.08	0.11	0.16	0.15	0.16	0.07	0.16

Tabla 5.7 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 20 mm del proceso de GMAW

Electrodo: **E R70S-6** Proceso: **GMAW**
 Espesor junta (mm): **20.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 10 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	4.94	4.85	4.91	4.91	5.22	4.57	5.35
Peso cilind.	50.43	52.36	51.07	51.94	50.24	50.71	51.89
Peso rollo	10.85	1.64	11.75	12.58	10.25	11.07	0.85
1 (100 mm)							
Peso	5.05	5.09	5.11	5.13	5.33	4.73	5.45
Tiempo	1'54"	5'21"	3'49"	4'54"	2'17"	3'20"	2'00"
Peso cilind.	50.38	52.19	50.98	51.68	50.18	50.60	51.83
Peso rollo	10.48	1.40	11.54	12.31	10.13	10.90	0.77
DIF. Peso	0.11	0.24	0.20	0.22	0.11	0.16	0.10
DIF. Gas	0.05	0.17	0.09	0.26	0.06	0.11	0.06
DIF. Rollo	0.37	0.24	0.21	0.27	0.12	0.17	0.08
2 (100 mm)							
Peso	5.16	5.34	5.30	5.36	5.47	4.90	5.57
Tiempo	2'09"	5'12"	4'06"	4'52"	2'33"	3'15"	2'18"
Peso cilind.	50.29	52.03	50.85	51.25	50.10	50.50	51.75
Peso rollo	10.36	1.10	11.27	12.08	10.00	10.75	0.62
DIF. Peso	0.11	0.25	0.19	0.23	0.14	0.17	0.12
DIF. Gas	0.09	0.16	0.13	0.43	0.08	0.10	0.08
DIF. Rollo	0.12	0.30	0.27	0.23	0.13	0.15	0.15
3 (100 mm)							
Peso	5.27	5.57	5.50	5.63	5.57	5.05	5.68
Tiempo	2'09"	5'18"	4'01"	5'04"	2'10"	3'00"	2'19"
Peso cilind.	50.24	51.89	50.71	51.07	50.03	50.43	51.66
Peso rollo	10.25	0.85	11.07	11.75	9.87	10.58	0.50
DIF. Peso	0.11	0.23	0.20	0.27	0.10	0.15	0.11
DIF. Gas	0.05	0.14	0.14	0.18	0.07	0.07	0.09
DIF. Rollo	0.11	0.25	0.20	0.33	0.13	0.17	0.12

Tabla 5.8 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 30 mm del proceso de GMAW

Electrodo: **E R70S-6** Proceso: **GMAW**
 Espesor junta (mm): **30.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 8 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	5.84	6.93	7.53	7.43	6.18	6.78	12.31
Peso cilind.	54.04	85.92	55.18	85.50	55.18	53.66	53.12
Peso rollo	2.29	2.72	4.54	3.82	3.40	1.48	2.63
1 (100 mm)							
Peso	6.06	7.40	7.90	7.85	6.53	6.98	12.39
Tiempo	4'17"	7'41"	7'03"	7'56"	6'59"	3'48"	2'18"
Peso cilind.	53.96	85.76	54.97	85.23	54.37	53.54	53.03
Peso rollo	2.05	2.21	4.15	3.29	3.03	1.28	2.51
DIF. Peso	0.22	0.47	0.37	0.42	0.35	0.20	0.08
DIF. Gas	0.08	0.16	0.21	0.27	0.81	0.12	0.09
DIF. Rollo	0.24	0.51	0.39	0.53	0.37	0.20	0.12
2 (100 mm)							
Peso	6.34	7.83	8.27	8.33	6.86	7.24	12.48
Tiempo	5'16"	6'58"	7'40"	8'16"	6'19"	4'46"	2'11"
Peso cilind.	53.81	85.53	54.74	84.97	54.21	53.35	52.95
Peso rollo	1.76	1.74	3.77	2.75	2.68	0.93	2.42
DIF. Peso	0.28	0.43	0.37	0.48	0.33	0.26	0.09
DIF. Gas	0.15	0.23	0.23	0.26	0.16	0.19	0.08
DIF. Rollo	0.29	0.47	0.38	0.54	0.35	0.35	0.09
3 (100 mm)							
Peso	6.58	8.35	8.61	8.79	7.21	7.47	12.58
Tiempo	4'41"	8'37"	6'35"	8'05"	6'56"	4'22"	2'48"
Peso cilind.	53.66	85.16	54.59	84.71	54.04	53.22	52.88
Peso rollo	1.48	1.20	3.40	2.22	2.29	0.76	2.30
DIF. Peso	0.24	0.52	0.34	0.46	0.35	0.23	0.10
DIF. Gas	0.15	0.37	0.15	0.26	0.17	0.13	0.07
DIF. Rollo	0.28	0.54	0.37	0.53	0.39	0.17	0.12

5.1.3. PROCESO FCAW.

5.1.3.1. Procedimiento E71T-1.

- La probeta para los ensayos debe ser pesada antes de ser soldada, así como también el rollo del electrodo E71T-1 y el tanque del gas de protección
- Se procederá a soldar cada tipo de junta con su respectivo espesor con el proceso FCAW, hasta rellenar los 100 mm de cordón, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cordones de soldadura debe ser 25 mm como muestra la figura 4.3 del capítulo 4.
Nota: cada vez que realiza un cordón este debe ser despojado de escoria que queda luego del proceso con una grata.
- Cada vez que se complete los 100 mm de cordón se pesará nuevamente la probeta, rollo del electrodo y tanque de gas de protección para saber que cantidad de material de aporte y consumo de gas que se necesito para llenar la junta y además el tiempo que se demoro en completar dicho ensayo

Tabla 5.9 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 12.7 mm del proceso de FCAW con electrodo E71T-1

Electrodo: **E71T-1** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **12.70**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 6 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.04	3.59	3.43	3.30	3.08	3.03	3.36
Peso cilind.	67.47	67.14	66.96	66.70	67.02	66.97	66.88
Peso rollo	12.09	11.92	11.51	11.28	10.93	10.78	10.59
1 (100 mm)							
Peso	3.11	3.70	3.49	3.42	3.13	3.10	3.41
Tiempo	1'26"	1'58"	1'05"	1'53"	0'46"	1'08"	0'42"
Peso cilind.	67.42	67.10	66.89	66.62	66.98	66.92	66.87
Peso rollo	12.02	11.78	11.45	11.15	10.87	10.71	10.53
DIF. Peso	0.07	0.11	0.06	0.12	0.05	0.07	0.05
DIF. Gas	0.05	0.04	0.07	0.08	0.04	0.05	0.01
DIF. Rollo	0.07	0.14	0.06	0.13	0.06	0.07	0.06
2 (100 mm)							
Peso	3.14	3.82	3.55	3.52	3.17	3.16	3.46
Tiempo	1'12"	1'56"	1'00"	1'45"	0'43"	0'59"	0'49"
Peso cilind.	67.36	67.01	66.78	66.52	66.94	66.88	66.85
Peso rollo	11.98	11.64	11.38	11.03	10.83	10.66	10.49
DIF. Peso	0.03	0.12	0.06	0.10	0.04	0.06	0.05
DIF. Gas	0.06	0.09	0.11	0.10	0.04	0.04	0.02
DIF. Rollo	0.04	0.14	0.07	0.12	0.04	0.05	0.04
3 (100 mm)							
Peso	3.19	3.96	3.64	3.61	3.21	3.22	3.50
Tiempo	0'57"	2'15"	1'26"	1'32"	0'37"	0'56"	0'47"
Peso cilind.	67.28	66.96	66.70	66.43	66.90	66.84	66.83
Peso rollo	11.92	11.51	11.28	10.93	10.78	10.59	10.43
DIF. Peso	0.05	0.14	0.09	0.09	0.04	0.06	0.04
DIF. Gas	0.08	0.05	0.08	0.09	0.04	0.04	0.02
DIF. Rollo	0.06	0.13	0.10	0.10	0.05	0.07	0.06

Tabla 5.10 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 15 mm del proceso de FCAW con electrodo E71T-1

Electrodo: **E71T-1** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **15.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 8 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.76	4.08	4.35	3.96	3.79	3.58	4.36
Peso cilind.	66.89	66.73	66.64	66.48	66.34	66.23	66.14
Peso rollo	10.43	10.13	9.67	9.20	8.70	8.50	8.14
1 (100 mm)							
Peso	3.85	4.20	4.49	4.13	3.85	3.67	4.43
Tiempo	1'30"	2'00"	2'08"	2'30"	0'55"	1'21"	1'09"
Peso cilind.	66.81	66.72	66.58	66.42	66.32	66.20	66.11
Peso rollo	10.33	10.00	9.52	9.03	8.65	8.38	8.06
DIF. Peso	0.09	0.12	0.14	0.17	0.06	0.09	0.07
DIF. Gas	0.08	0.01	0.06	0.06	0.02	0.03	0.03
DIF. Rollo	0.10	0.13	0.15	0.17	0.05	0.12	0.08
2 (100 mm)							
Peso	3.93	4.33	4.63	4.27	3.92	3.78	4.49
Tiempo	1'36"	2'05"	2'05"	2'16"	0'57"	1'40"	1'08"
Peso cilind.	66.77	66.68	66.54	66.38	66.30	66.16	66.07
Peso rollo	10.22	9.85	9.36	8.85	8.57	8.27	7.98
DIF. Peso	0.08	0.13	0.14	0.14	0.07	0.11	0.06
DIF. Gas	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	0.04	0.04
DIF. Rollo	0.11	0.15	0.16	0.18	0.08	0.11	0.08
3 (100 mm)							
Peso	4.02	4.46	4.78	4.40	4.00	3.89	4.54
Tiempo	1'18"	2'14"	2'19"	1'58"	1'10"	1'47"	1'04"
Peso cilind.	66.73	66.64	66.48	66.34	66.28	66.12	66.04
Peso rollo	10.13	9.67	9.20	8.70	8.50	8.14	7.90
DIF. Peso	0.09	0.13	0.15	0.13	0.08	0.11	0.05
DIF. Gas	0.04	0.04	0.06	0.04	0.02	0.04	0.03
DIF. Rollo	0.09	0.18	0.16	0.15	0.07	0.13	0.08

Tabla 5.11 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 20 mm del proceso de FCAW con electrodo E71T-1

Electrodo: **E71T-1** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **20.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 10 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	5.09	4.84	5.14	5.09	4.81	4.38	5.04
Peso cilind.	65.15	65.98	65.69	65.78	65.30	65.40	65.06
Peso rollo	4.91	7.89	6.42	7.19	5.27	5.73	4.49
1 (100 mm)							
Peso	5.20	5.04	5.34	5.29	4.91	4.50	5.12
Tiempo	1'47"	3'37"	3'03"	3'30"	1'29"	2'00"	1'20"
Peso cilind.	65.12	65.94	65.53	65.72	65.24	65.37	65.03
Peso rollo	4.79	7.64	6.19	6.93	5.15	5.60	4.40
DIF. Peso	0.11	0.20	0.20	0.20	0.10	0.12	0.08
DIF. Gas	0.03	0.04	0.16	0.06	0.06	0.03	0.03
DIF. Rollo	0.12	0.25	0.23	0.26	0.12	0.13	0.09
2 (100 mm)							
Peso	5.34	5.24	5.54	5.51	5.01	4.61	5.21
Tiempo	1'47"	3'01"	3'04"	3'33"	1'37"	2'10"	1'21"
Peso cilind.	65.10	65.84	65.46	65.65	65.21	65.34	65.00
Peso rollo	4.63	7.42	5.95	6.67	5.04	5.40	4.30
DIF. Peso	0.14	0.20	0.20	0.22	0.10	0.11	0.09
DIF. Gas	0.02	0.10	0.07	0.07	0.03	0.03	0.03
DIF. Rollo	0.16	0.22	0.24	0.26	0.11	0.20	0.10
3 (100 mm)							
Peso	5.46	5.47	5.73	5.75	5.14	4.78	5.28
Tiempo	1'55"	3'26"	2'49"	3'28"	1'45"	1'56"	1'06"
Peso cilind.	65.06	65.78	65.40	65.59	65.15	65.30	64.97
Peso rollo	4.49	7.19	5.73	6.42	4.91	5.27	4.22
DIF. Peso	0.12	0.23	0.19	0.24	0.13	0.17	0.07
DIF. Gas	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.03
DIF. Rollo	0.14	0.23	0.22	0.25	0.13	0.13	0.08

Tabla 5.12 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 30 mm del proceso de FCAW con electrodo E71T-1

Electrodo: **E71T-1** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **30.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 12 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	5.68	7.51	7.22	5.73	6.78	6.56	12.21
Peso cilind.	63.52	64.52	64.08	64.97	63.17	63.78	62.98
Peso rollo	18.65	2.62	21.00	4.22	17.57	19.86	16.75
1 (100 mm)							
Peso	5.98	7.93	7.56	6.22	7.20	6.91	12.31
Tiempo	4'58"	6'19"	5'23"	6'32"	3'17"	5'52"	1'31"
Peso cilind.	63.40	64.41	64.00	64.85	63.10	63.68	62.94
Peso rollo	18.24	2.14	20.65	3.72	17.30	19.44	16.64
DIF. Peso	0.30	0.42	0.34	0.49	0.42	0.35	0.10
DIF. Gas	0.12	0.11	0.08	0.12	0.07	0.10	0.04
DIF. Rollo	0.41	0.48	0.35	0.50	0.27	0.42	0.11
2 (100 mm)							
Peso	6.28	8.37	7.91	6.69	7.38	7.28	12.41
Tiempo	4'40"	6'19"	5'08"	7'40"	3'55"	5'40"	1'31"
Peso cilind.	63.27	64.27	63.90	64.69	63.05	63.56	62.91
Peso rollo	17.86	1.65	20.25	3.11	17.01	19.02	16.54
DIF. Peso	0.30	0.44	0.35	0.47	0.18	0.37	0.10
DIF. Gas	0.13	0.14	0.10	0.16	0.05	0.12	0.03
DIF. Rollo	0.38	0.49	0.40	0.61	0.29	0.42	0.10
3 (100 mm)							
Peso	6.56	8.76	8.27	7.13	7.59	7.62	12.49
Tiempo	5'28"	6'12"	5'16"	6'28"	3'21"	5'19"	1'21"
Peso cilind.	63.17	64.13	63.78	64.52	62.98	63.47	62.87
Peso rollo	17.57	1.21	19.86	2.62	16.76	18.65	16.44
DIF. Peso	0.28	0.39	0.36	0.44	0.21	0.34	0.08
DIF. Gas	0.10	0.14	0.12	0.17	0.07	0.09	0.04
DIF. Rollo	0.29	0.44	0.39	0.49	0.25	0.37	0.10

5.1.3.2. Procedimiento E81T1T-Ni2.

- La probeta para los ensayos debe ser pesada antes de ser soldada, así como también el rollo del electrodo E81T1-Ni2 y el tanque del gas de protección
- Se procederá a soldar cada tipo de junta con su respectivo espesor con el proceso FCAW, hasta rellenar los 100 mm de cordón, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cordones de soldadura debe ser 25 mm como muestra la figura 4.3 del capítulo 4.
Nota: cada vez que realiza un cordón este debe ser despojado de escoria que queda luego del proceso con una grata.
- Cada vez que se complete los 100 mm de cordón se pesará nuevamente la probeta, rollo del electrodo y tanque de gas de protección para saber que cantidad de material de aporte y consumo de gas que se necesito para llenar la junta y además el tiempo que se demoro en completar dicho ensayo

Tabla 5.13 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 12.7 mm del proceso de FCAW con electrodo E81T1T-Ni2

Electrodo:

E81T1-Ni2

 Proceso:

FCAW

 Espesor junta (mm):

12.70

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 7 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.22	3.91	3.48	3.36	3.21	3.06	3.43
Peso cilind.	63.70	63.17	62.96	63.60	62.74	63.35	62.73
Peso rollo	8.97	8.06	7.71	8.77	7.36	8.35	7.16
1 (100 mm)							
Peso	3.30	4.01	3.57	3.68	3.27	3.15	3.44
Tiempo	1'06"	1'58"	1'39"	2'20"	0'59"	1'59"	0'46"
Peso cilind.	63.65	63.12	62.91	63.51	62.72	63.28	62.69
Peso rollo	8.88	7.96	7.60	8.64	7.29	8.24	7.08
DIF. Peso	0.08	0.10	0.09	0.32	0.06	0.09	0.01
DIF. Gas	0.05	0.05	0.05	0.09	0.02	0.07	0.04
DIF. Rollo	0.09	0.10	0.11	0.13	0.07	0.11	0.08
2 (100 mm)							
Peso	3.34	4.13	3.68	3.81	3.34	3.23	3.52
Tiempo	1'15"	2'30"	1'56"	2'28"	1'05"	1'31"	0'53"
Peso cilind.	63.62	63.05	62.88	63.43	62.70	63.22	62.68
Peso rollo	8.84	7.82	7.49	8.49	7.21	8.16	7.04
DIF. Peso	0.04	0.12	0.11	0.13	0.07	0.08	0.08
DIF. Gas	0.03	0.07	0.03	0.08	0.02	0.06	0.01
DIF. Rollo	0.04	0.14	0.11	0.15	0.08	0.08	0.04
3 (100 mm)							
Peso	3.40	4.22	3.79	3.92	3.40	3.28	3.56
Tiempo	1'08"	1'54"	1'51"	2'13"	0'57"	1'11"	0'51"
Peso cilind.	63.60	62.96	62.74	63.35	62.69	63.17	62.62
Peso rollo	8.77	7.71	7.36	8.35	7.15	8.06	6.99
DIF. Peso	0.06	0.09	0.11	0.11	0.06	0.05	0.04
DIF. Gas	0.02	0.09	0.14	0.08	0.01	0.05	0.06
DIF. Rollo	0.07	0.11	0.13	0.14	0.06	0.10	0.05

Tabla 5.14 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 15 mm del proceso de FCAW con electrodo E81T1T-Ni2

Electrodo: **E81T1-Ni2** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **15.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 12 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	3.85	4.09	4.27	4.12	3.79	3.78	4.21
Peso cilind.	61.83	62.42	62.22	62.62	61.68	62.00	61.53
Peso rollo	5.13	6.47	6.00	6.99	4.85	5.56	4.58
1 (100 mm)							
Peso	3.94	4.22	4.41	4.25	3.86	3.90	4.34
Tiempo	1'29"	2'14"	2'20"	2'25"	1'19"	2'02"	2'11"
Peso cilind.	61.78	62.35	62.13	62.57	61.64	61.93	61.49
Peso rollo	5.02	6.33	5.84	6.80	4.75	5.41	4.42
DIF. Peso	0.09	0.13	0.14	0.13	0.07	0.12	0.13
DIF. Gas	0.05	0.07	0.09	0.05	0.04	0.07	0.04
DIF. Rollo	0.11	0.14	0.16	0.19	0.10	0.15	0.16
2 (100 mm)							
Peso	4.01	4.36	4.54	4.39	3.95	4.00	4.44
Tiempo	1'16"	2'25"	2'15"	2'25"	1'23"	1'49"	1'43"
Peso cilind.	61.73	62.29	62.07	62.49	61.59	61.89	61.45
Peso rollo	4.94	6.16	5.68	6.64	4.67	5.30	4.24
DIF. Peso	0.07	0.14	0.13	0.14	0.09	0.10	0.10
DIF. Gas	0.05	0.06	0.06	0.08	0.05	0.04	0.04
DIF. Rollo	0.08	0.17	0.16	0.16	0.08	0.11	0.18
3 (100 mm)							
Peso	4.09	4.51	4.65	4.53	4.03	4.10	4.54
Tiempo	1'19"	2'17"	1'53"	2'32"	1'22"	1'36"	1'43"
Peso cilind.	61.68	62.22	62.00	62.42	61.55	61.83	61.37
Peso rollo	4.85	6.00	5.56	6.47	4.58	5.20	4.20
DIF. Peso	0.08	0.15	0.11	0.14	0.08	0.10	0.10
DIF. Gas	0.05	0.07	0.07	0.07	0.04	0.06	0.08
DIF. Rollo	0.09	0.16	0.12	0.17	0.09	0.10	0.04

Tabla 5.15 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 20 mm del proceso de FCAW con electrodo E81T1T-Ni2

Electrodo: **E81T1-Ni2** Proceso: **FCAW**
 Espesor junta (mm): **20.00**

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 10 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	4.87	4.83	5.13	5.13	5.16	4.58	5.15
Peso cilind.	60.20	61.31	60.69	60.99	59.91	60.41	59.69
Peso rollo	1.66	4.19	2.72	3.48	16.07	2.13	15.66
1 (100 mm)							
Peso	5.01	5.03	5.30	5.34	5.28	4.71	5.26
Tiempo	2'10"	3'32"	2'58"	3'29"	1'56"	2'04"	1'52"
Peso cilind.	60.16	61.20	60.59	60.90	59.83	60.35	59.63
Peso rollo	1.49	3.95	2.50	3.25	15.94	2.00	15.51
DIF. Peso	0.14	0.20	0.17	0.21	0.12	0.13	0.11
DIF. Gas	0.04	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.06
DIF. Rollo	0.17	0.24	0.22	0.23	0.13	0.13	0.15
2 (100 mm)							
Peso	5.15	5.24	5.49	5.57	5.40	4.85	5.36
Tiempo	2'11"	3'39"	2'59"	4'02"	2'03"	2'27"	1'46"
Peso cilind.	60.07	61.08	60.49	60.79	59.76	60.28	59.56
Peso rollo	1.36	3.73	2.33	2.98	15.79	1.81	15.37
DIF. Peso	0.14	0.21	0.19	0.23	0.12	0.14	0.10
DIF. Gas	0.09	0.12	0.10	0.11	0.07	0.07	0.07
DIF. Rollo	0.13	0.22	0.17	0.27	0.15	0.19	0.14
3 (100 mm)							
Peso	5.28	5.46	5.65	5.80	5.52	5.00	5.46
Tiempo	2'15"	3'49"	2'47"	3'55"	1'57"	2'17"	1'40"
Peso cilind.	59.98	60.99	60.41	60.69	59.69	60.20	59.46
Peso rollo	1.19	3.48	2.13	2.72	15.66	1.66	15.26
DIF. Peso	0.13	0.22	0.16	0.23	0.12	0.15	0.10
DIF. Gas	0.09	0.09	0.08	0.10	0.07	0.08	0.10
DIF. Rollo	0.17	0.25	0.20	0.26	0.13	0.15	0.11

Tabla 5.16 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con espesor de placa de 30 mm del proceso de FCAW con electrodo E81T1T-Ni2

Electrodo: E81T1-Ni2 Proceso: FCAW
 Espesor junta (mm): 30.00

JUNTA	60°	45°	30°	45°	45°	60°	Filete 12 mm
DATOS (Kg)							
Peso s/sold	6.48	6.89	7.34	6.54	6.95	6.65	12.69
Peso cilind.	88.57	58.63	87.84	59.46	88.82	88.24	87.39
Peso rollo	10.88	13.49	8.32	15.26	11.46	9.91	7.14
1 (100 mm)							
Peso	6.73	7.42	7.71	7.10	7.11	7.05	12.79
Tiempo	4'52"	9'40"	6'47"	9'41"	3'29"	8'11"	1'52"
Peso cilind.	88.50	58.33	87.67	59.19	88.73	88.13	87.37
Peso rollo	10.56	12.84	7.99	14.62	11.29	9.38	7.01
DIF. Peso	0.25	0.53	0.37	0.56	0.16	0.40	0.10
DIF. Gas	0.07	0.30	0.17	0.27	0.09	0.11	0.02
DIF. Rollo	0.32	0.65	0.33	0.64	0.17	0.53	0.13
2 (100 mm)							
Peso	7.03	7.91	8.11	7.58	7.35	7.50	12.90
Tiempo	5'11"	8'42"	6'49"	8'41"	3'45"	7'56"	2'04"
Peso cilind.	88.39	58.02	87.58	58.92	88.65	87.93	87.34
Peso rollo	10.25	12.29	7.54	14.03	11.09	8.89	6.87
DIF. Peso	0.30	0.49	0.40	0.48	0.24	0.45	0.11
DIF. Gas	0.11	0.31	0.09	0.27	0.08	0.20	0.03
DIF. Rollo	0.31	0.55	0.45	0.59	0.20	0.49	0.14
3 (100 mm)							
Peso	7.28	8.40	8.44	8.08	7.55	7.91	13.02
Tiempo	5'21"	8'14"	6'11"	8'36"	3'42"	7'22"	1'57"
Peso cilind.	88.24	57.62	87.39	58.63	88.57	87.84	87.25
Peso rollo	9.90	11.73	7.14	13.49	10.88	8.32	6.74
DIF. Peso	0.25	0.49	0.33	0.50	0.20	0.41	0.12
DIF. Gas	0.15	0.40	0.19	0.29	0.08	0.09	0.09
DIF. Rollo	0.35	0.56	0.40	0.54	0.21	0.57	0.13

5.2. EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE CORTE.

5.2.1. PROCESO OFC-A.

5.2.1.1. Procedimiento

- Antes de proceder a cortar las planchas de acero se debe pesar los tanques de oxígeno y acetileno
- Calibrar las presiones de salida del oxígeno y del acetileno según la tabla 4.6 del capítulo 4.
- Calibrar la velocidad de avance del corte según la tabla 4.7 del capítulo 4
- La distancia entre la boquilla y el material será entre 3 y 10 mm de longitud.
- Se procederá a cortar las planchas de cada espesor hasta llegar a 1 m de longitud, este ensayo se repite 3 veces en la misma placa, la separación entre cortes es criterio del operario con tal que no se cruce cada corte como muestra la figura 4.4. del capítulo 4

Tabla 5.17 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de placa de Oxicorte

ESPEORES	5.00	10.00	15.00	20.00	30.00
Peso tanque Oxígeno [Kg]	64.32	63.94	63.39	62.81	62.27
Peso tanque Acetileno [Kg]	81.85	81.79	81.68	81.68	81.57
	1 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]	64.21	63.82	63.23	62.64	62.01
Peso gas Acetileno [Kg]	81.84	81.77	81.65	81.65	81.52
Velocidad de Avance [pulg/min]	22.00	20.00	18.00	16.00	14.00
Presión Oxígeno [psi]	25.00	30.00	30.00	35.00	37.50
Presión Acetileno [psi]	3.00	4.00	5.00	5.00	5.00
Tiempo	1'40"	1'50"	1'59"	2'16"	2'37"
DIFERENCIA Oxígeno	0.11	0.12	0.16	0.17	0.26
DIFERENCIA Acetileno	0.01	0.02	0.03	0.03	0.05
	2 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]	64.05	63.71	63.09	62.47	61.81
Peso gas Acetileno [Kg]	81.83	81.75	81.63	81.61	81.46
Velocidad de Avance [pulg/min]	22.00	20.00	18.00	16.00	14.00
Presión Oxígeno [psi]	25.00	30.00	32.50	35.00	40.00
Presión Acetileno [psi]	3.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tiempo	1'43"	1'49"	2'00"	2'15"	2'37"
DIFERENCIA Oxígeno	0.16	0.11	0.14	0.17	0.20
DIFERENCIA Acetileno	0.01	0.02	0.02	0.04	0.06
	3 CORTE				
Peso gas Oxígeno [Kg]	63.94	63.58	62.91	62.27	61.58
Peso gas Acetileno [Kg]	81.82	81.73	81.61	81.56	81.41
Velocidad de Avance [pulg/min]	22.00	20.00	18.00	16.00	14.00
Presión Oxígeno [psi]	25.00	30.00	32.50	35.00	40.00
Presión Acetileno [psi]	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tiempo	1'42"	1'49"	2'00"	2'16"	2'37"
DIFERENCIA Oxígeno	0.11	0.13	0.18	0.20	0.23
DIFERENCIA Acetileno	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CONSUMO DE MATERIAL

6.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

6.1.1.DETERMINACIÓN DE CURVAS

Para la obtención de dichas curvas, se realizaron otras tablas que contienen las especificaciones de los espesores y las diferencias tanto del material consumido como del material depositado que se presentó en cada proceso. La determinación de curvas se la realizó a través de diagramas de dispersión, encontrando tres puntos por cada espesor.

La idea principal es manifestar la relación que pueda existir entre las dos variables, que en este caso son el consumo de electrodo y el espesor que se vaya a soldar; esto en el proceso de soldadura, mientras que en el de corte el consumo de gases y el espesor de igual forma. De esta forma se aprecia gráficamente el comportamiento o correlación existente entre ambas variables o, por el contrario, comprobar su independencia o no correlación.

Para llevar a cabo el diagrama se utiliza un gráfico de ejes cartesianos. En cada uno de los ejes se representa una de las variables con la escala de valores adecuada al rango que abarca. Para cada valor que adopte una de las variables, se determina el que corresponde a la otra y se representa el par de valores por un punto el gráfico.

Los pasos a seguir para realizar el diagrama de dispersión se detalla a continuación:

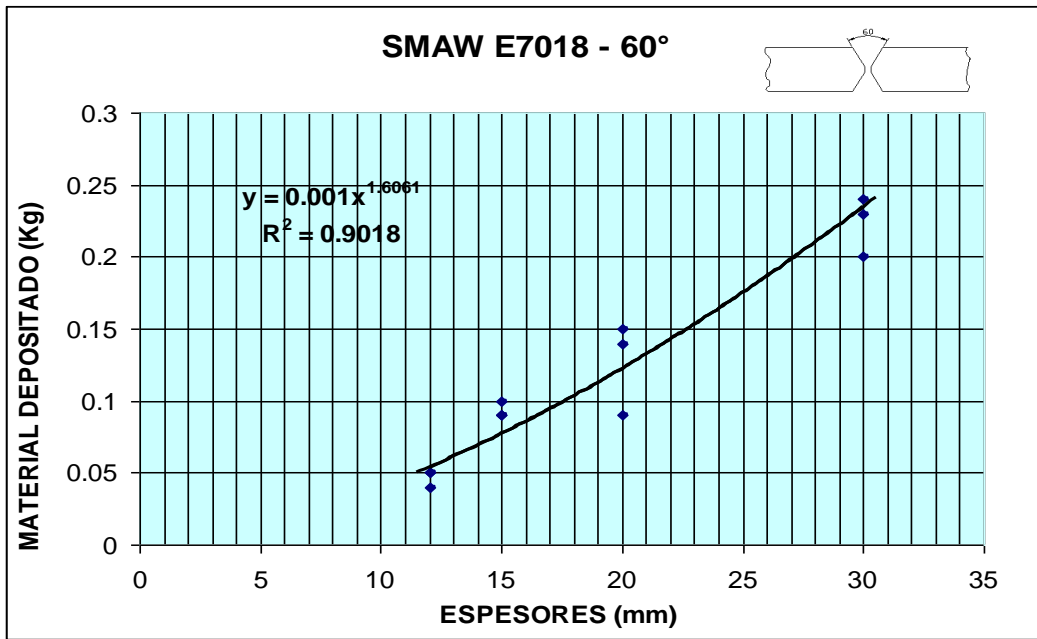
- Recoger muestras referentes a las dos variables, en este caso el espesor y la diferencia de peso que existe luego de realizar un proceso, sea de soldadura o de corte. Para nuestro caso fueron tres muestras por cada espesor, este número limitado por el tiempo y por el costo que representa realizar más ensayos. Es necesario mantener de forma constante el resto de parámetros o variables que participan en el proceso como son el consumo de gas; con la intención de no distorsionar la medición.
- Establecer el rango de valores de ambas variables con el objeto de decidir las escalas adecuadas para la representación de los ejes.
- Elaborar el diagrama marcando los puntos de intersección en el plano de los pares de datos.
- Finalmente elaborado el diagrama de correlación, hay que realizar el análisis o interpretación de los resultados.

6.1.2. OBTENCIÓN DE CURVAS EN SOLDADURA

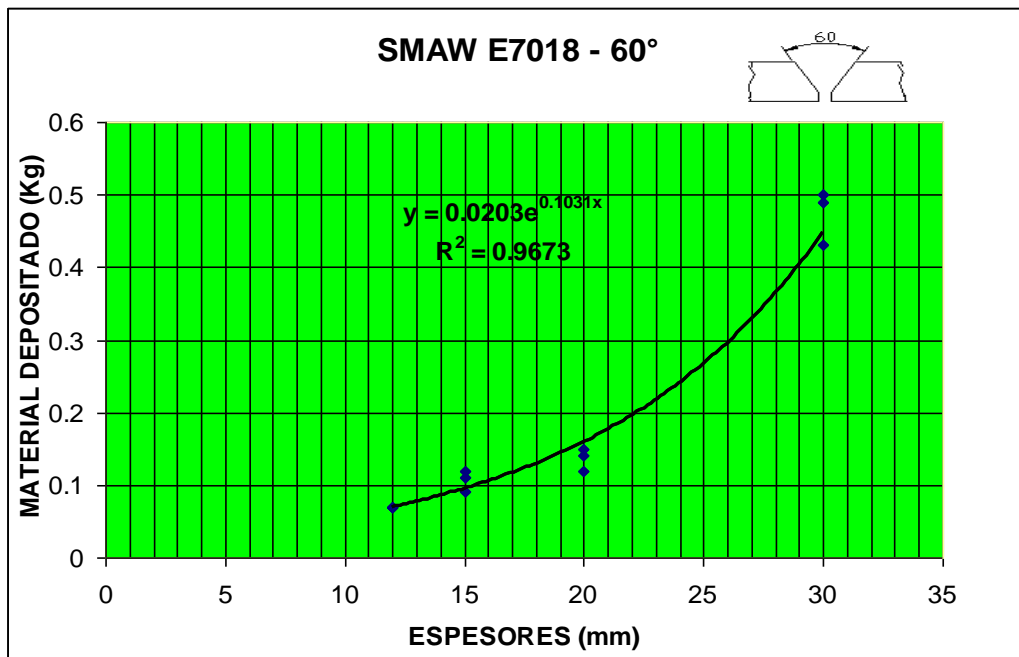
6.1.2.1. Proceso SMAW electrodo E7018

Tabla 6.1 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de material depositado E7018

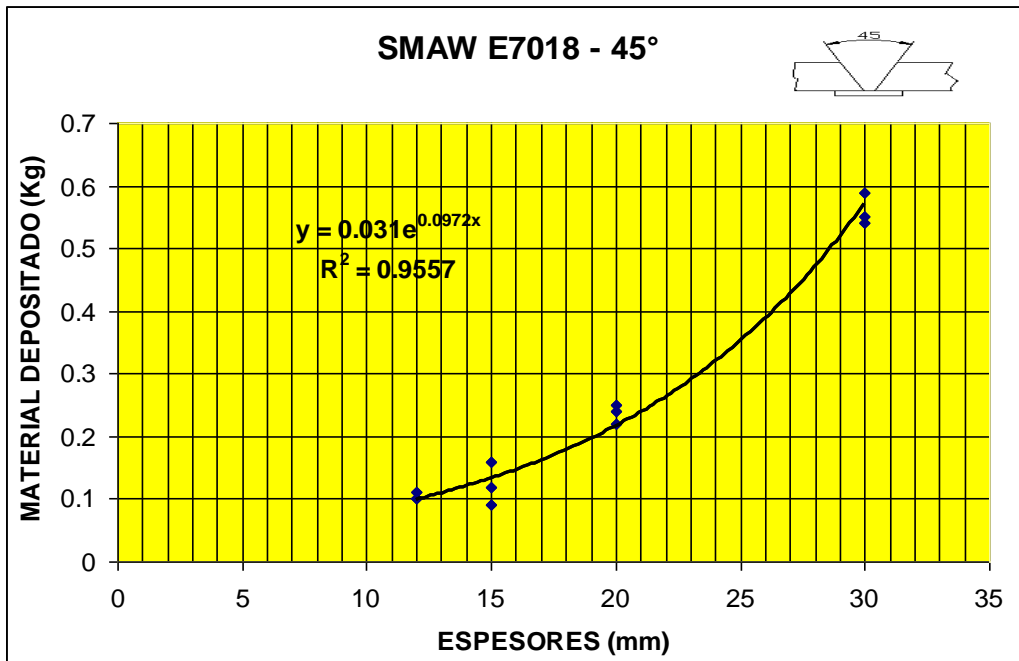
X 60°		Y 60°		V 45°		30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep..	Espesor	Mat. Dep..
12,7	0,04	12,00	0,07	12,00	0,10	12,00	0,11	12,00	0,11	12,00	0,06	12,00	0,06
12,7	0,05	12,00	0,07	12,00	0,10	12,00	0,09	12,00	0,11	12,00	0,05	12,00	0,04
12,7	0,05	12,00	0,07	12,00	0,11	12,00	0,10	12,00	0,09	12,00	0,05	12,00	0,05
15,00	0,09	15,00	0,12	15,00	0,09	15,00	0,12	15,00	0,12	15,00	0,04	15,00	0,05
15,00	0,10	15,00	0,11	15,00	0,16	15,00	0,12	15,00	0,14	15,00	0,11	15,00	0,04
15,00	0,09	15,00	0,09	15,00	0,12	15,00	0,08	15,00	0,11	15,00	0,06	15,00	0,04
20,00	0,09	20,00	0,14	20,00	0,25	20,00	0,14	20,00	0,22	20,00	0,11	20,00	0,16
20,00	0,15	20,00	0,15	20,00	0,24	20,00	0,21	20,00	0,21	20,00	0,08	20,00	0,12
20,00	0,14	20,00	0,12	20,00	0,22	20,00	0,16	20,00	0,13	20,00	0,11	20,00	0,12
30,00	0,23	30,00	0,50	30,00	0,59	30,00	0,31	30,00	0,43	30,00	0,18	30,00	0,13
30,00	0,24	30,00	0,43	30,00	0,55	30,00	0,31	30,00	0,40	30,00	0,24	30,00	0,17
30,00	0,20	30,00	0,49	30,00	0,54	30,00	0,35	30,00	0,40	30,00	0,20	30,00	0,17



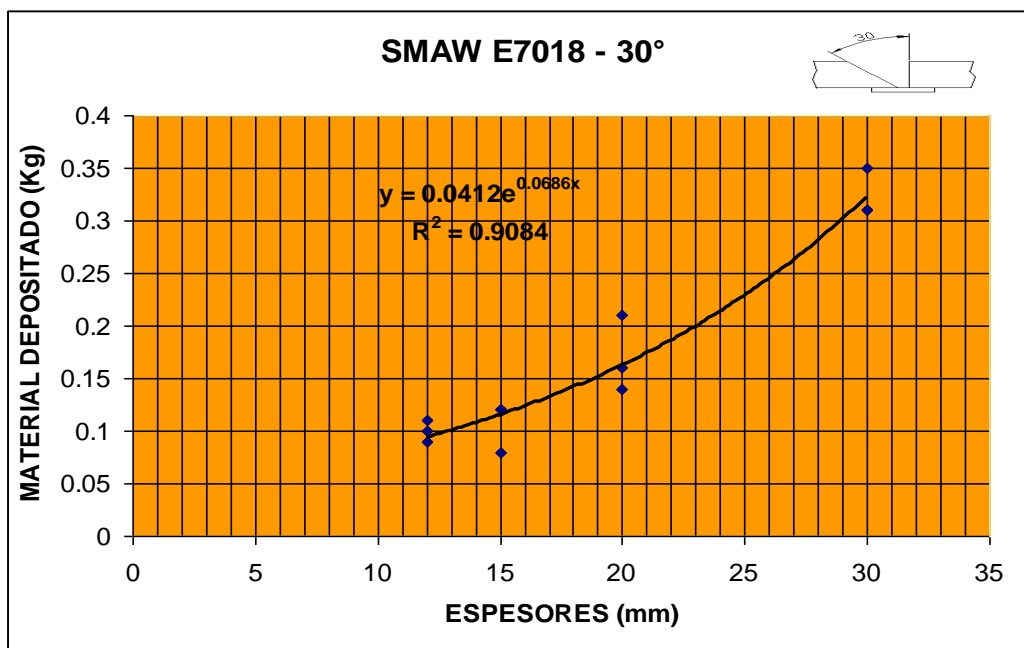
Gráfica 6.1 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-01



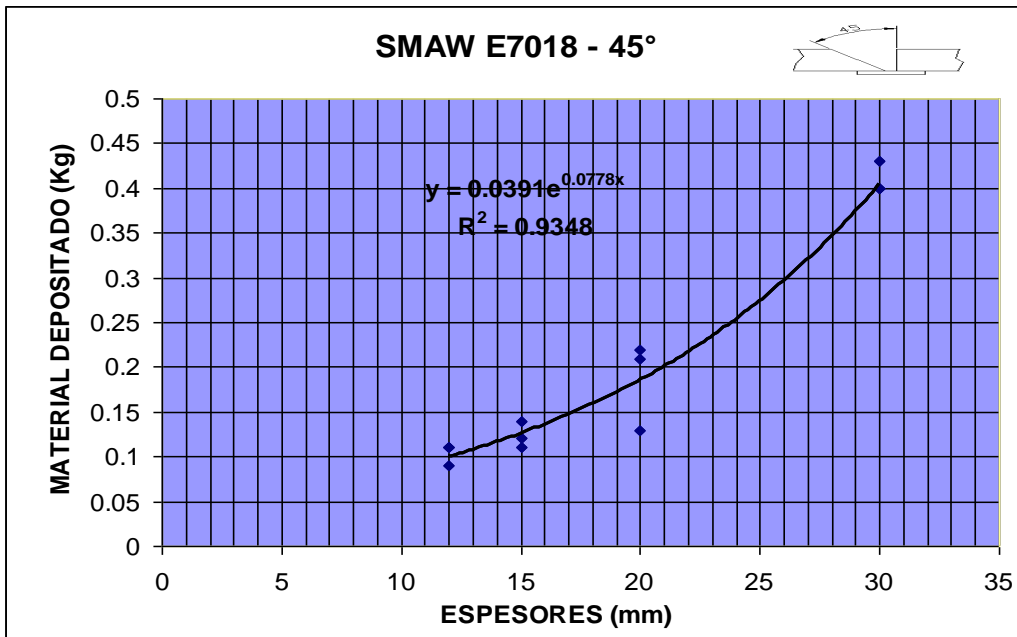
Gráfica 6.2 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-02



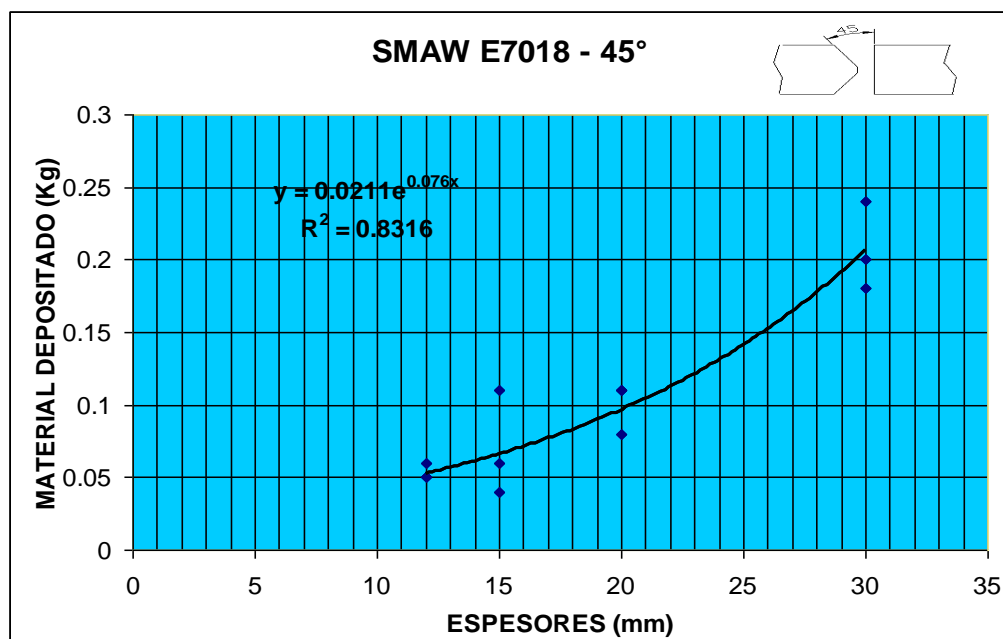
Gráfica 6.3 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-03



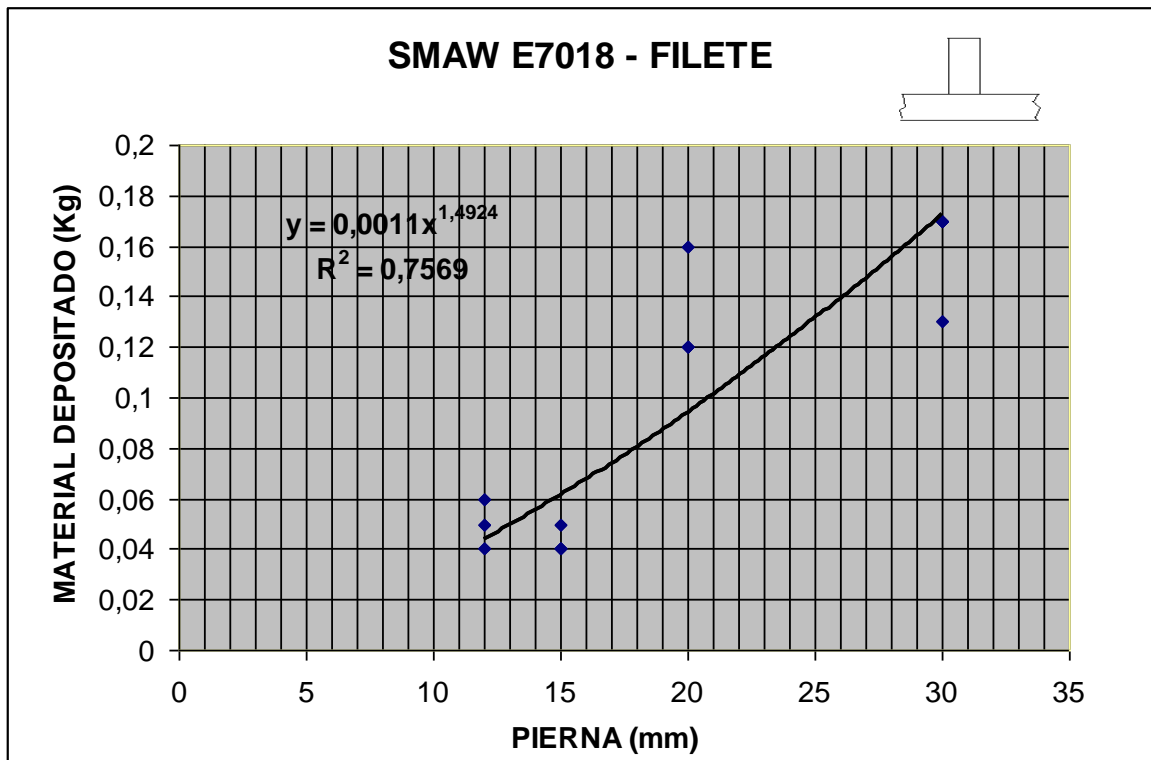
Gráfica 6.4 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.5 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-05



Gráfica 6.6 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-06

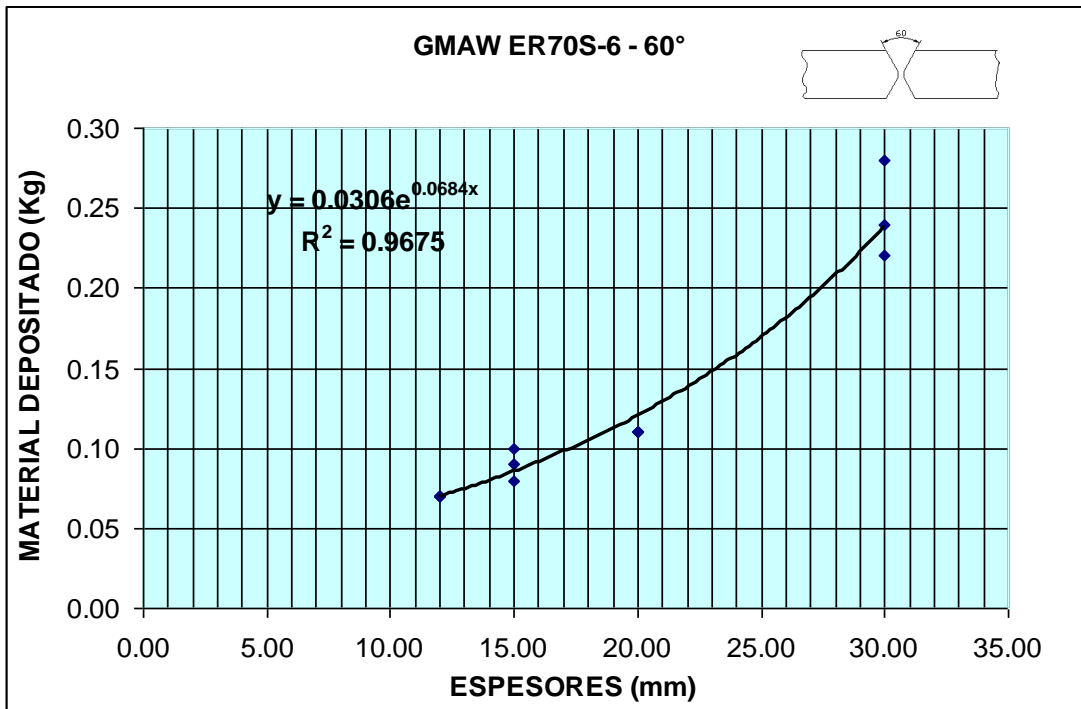


Gráfica 6.7 Curva de consumo de material depositado E7018 de la junta FMSB-DI-WPS-07

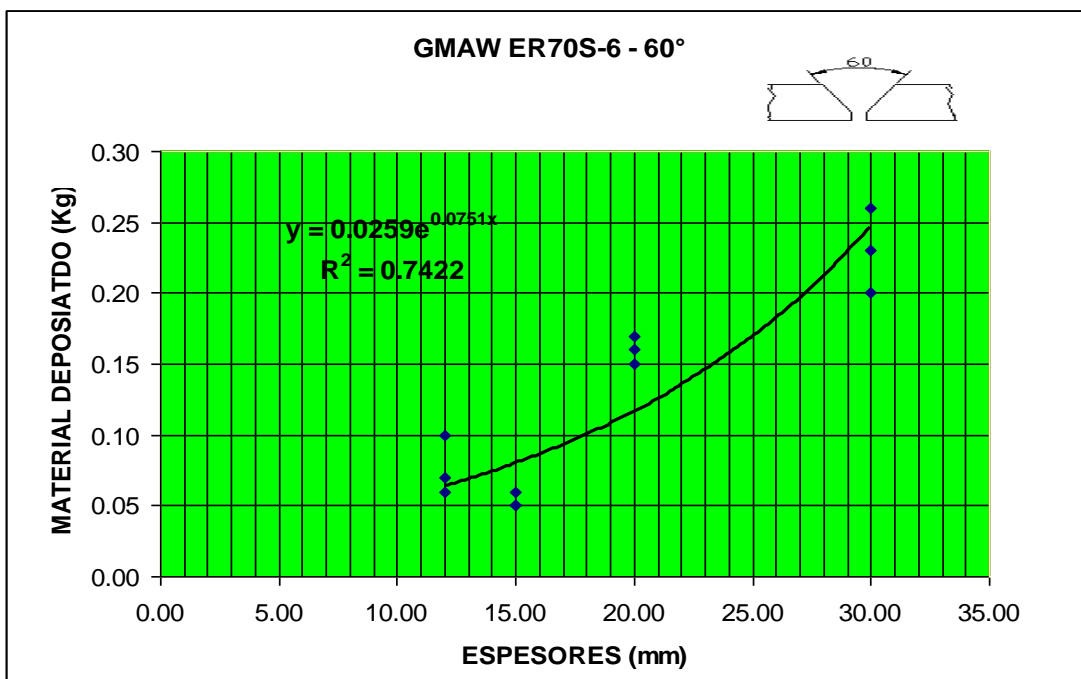
6.1.2.2. Proceso GMAW electrodo ER70S-6

Tabla 6.2 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de material depositado ER70S-6

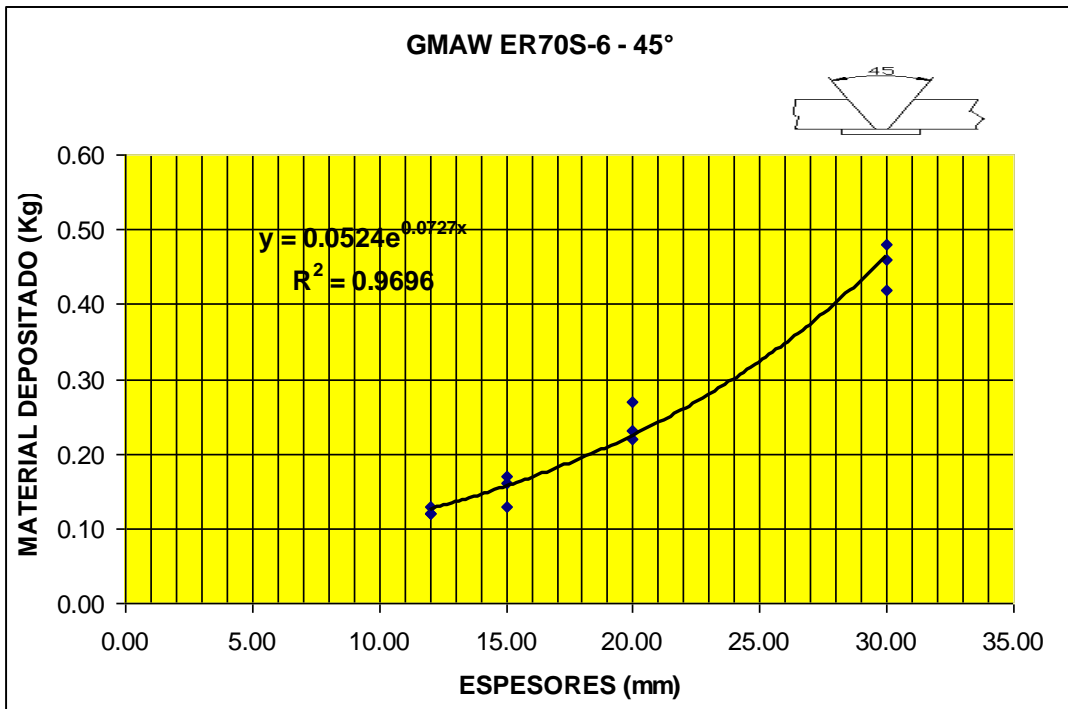
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.
12,00	0,07	12,00	0,07	12,00	0,12	12,00	0,11	12,00	0,12	12,00	0,08	6,00	0,06
12,00	0,07	12,00	0,10	12,00	0,13	12,00	0,14	12,00	0,14	12,00	0,08	6,00	0,08
12,00	0,07	12,00	0,06	12,00	0,12	12,00	0,11	12,00	0,13	12,00	0,07	6,00	0,10
15,00	0,09	15,00	0,06	15,00	0,17	15,00	0,11	15,00	0,13	15,00	0,10	8,00	0,08
15,00	0,10	15,00	0,05	15,00	0,16	15,00	0,14	15,00	0,14	15,00	0,10	8,00	0,09
15,00	0,08	15,00	0,05	15,00	0,13	15,00	0,12	15,00	0,11	15,00	0,11	8,00	0,10
20,00	0,11	20,00	0,16	20,00	0,22	20,00	0,20	20,00	0,24	20,00	0,11	10,00	0,10
20,00	0,11	20,00	0,17	20,00	0,23	20,00	0,19	20,00	0,25	20,00	0,14	10,00	0,12
20,00	0,11	20,00	0,15	20,00	0,27	20,00	0,20	20,00	0,23	20,00	0,10	10,00	0,11
30,00	0,22	30,00	0,20	30,00	0,42	30,00	0,37	30,00	0,47	30,00	0,35	12,00	0,11
30,00	0,28	30,00	0,26	30,00	0,48	30,00	0,37	30,00	0,43	30,00	0,33	12,00	0,12
30,00	0,24	30,00	0,23	30,00	0,46	30,00	0,34	30,00	0,52	30,00	0,35	12,00	0,12



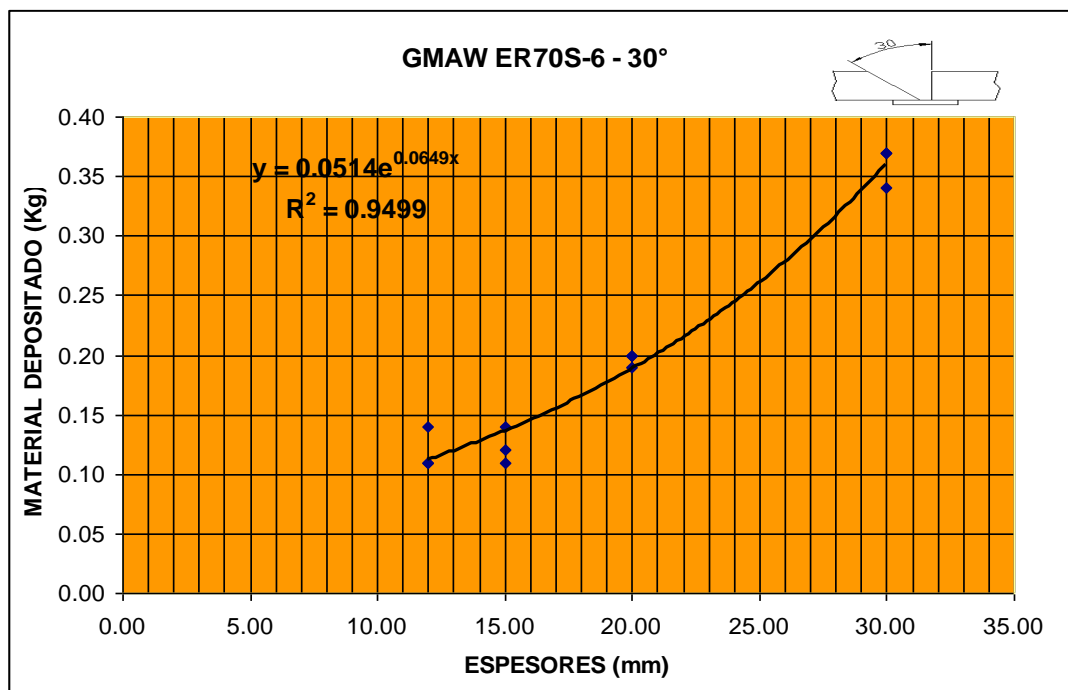
Gráfica 6.8 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-01



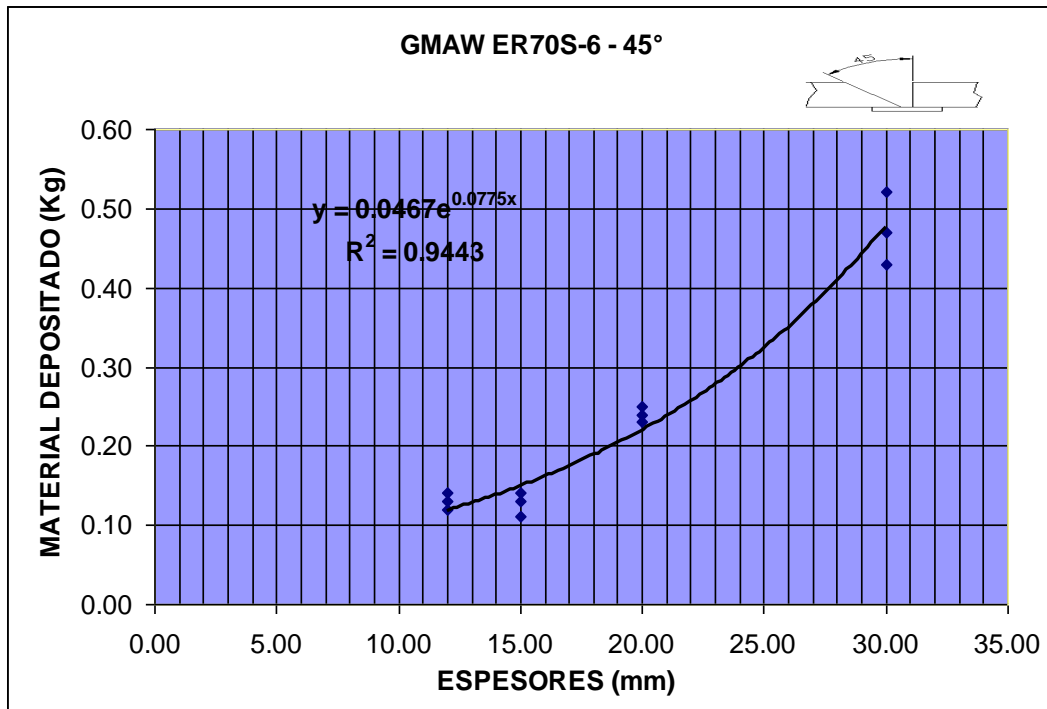
Gráfica 6.9 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-02



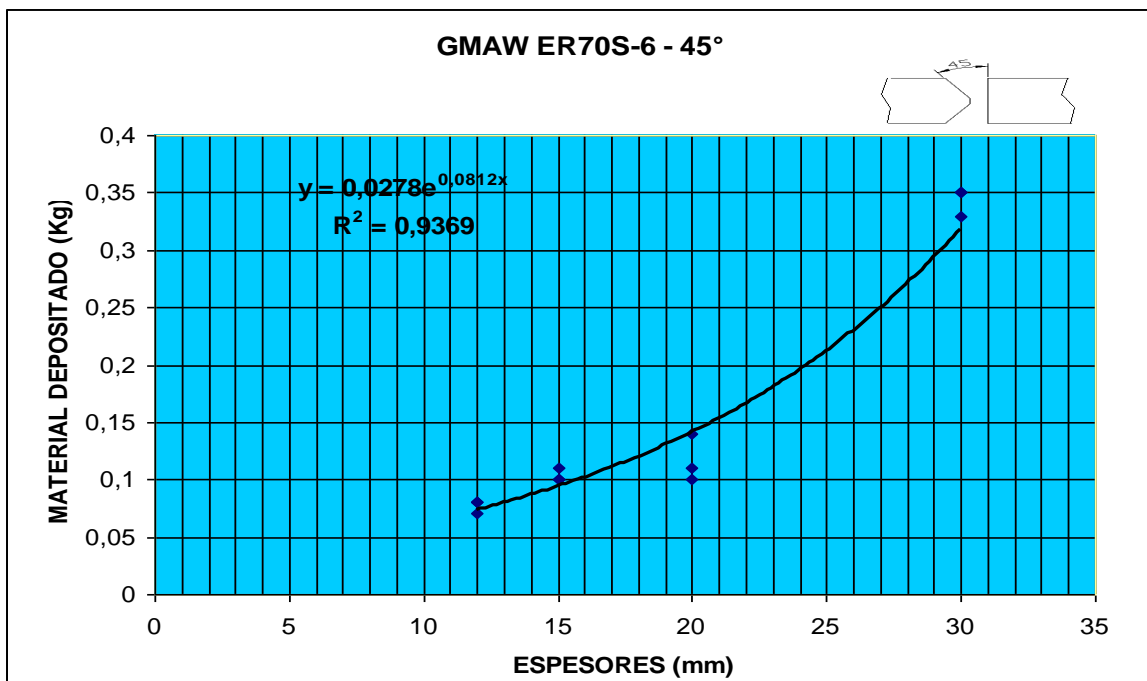
Gráfica 6.10 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-03



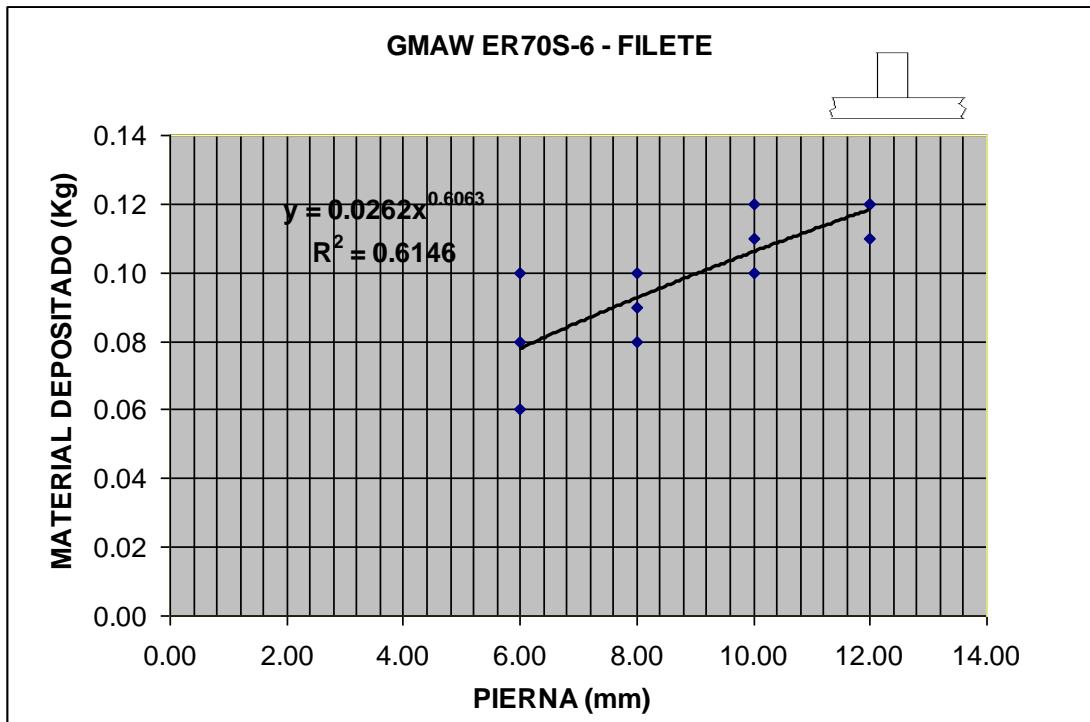
Gráfica 6.11 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.12 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-05



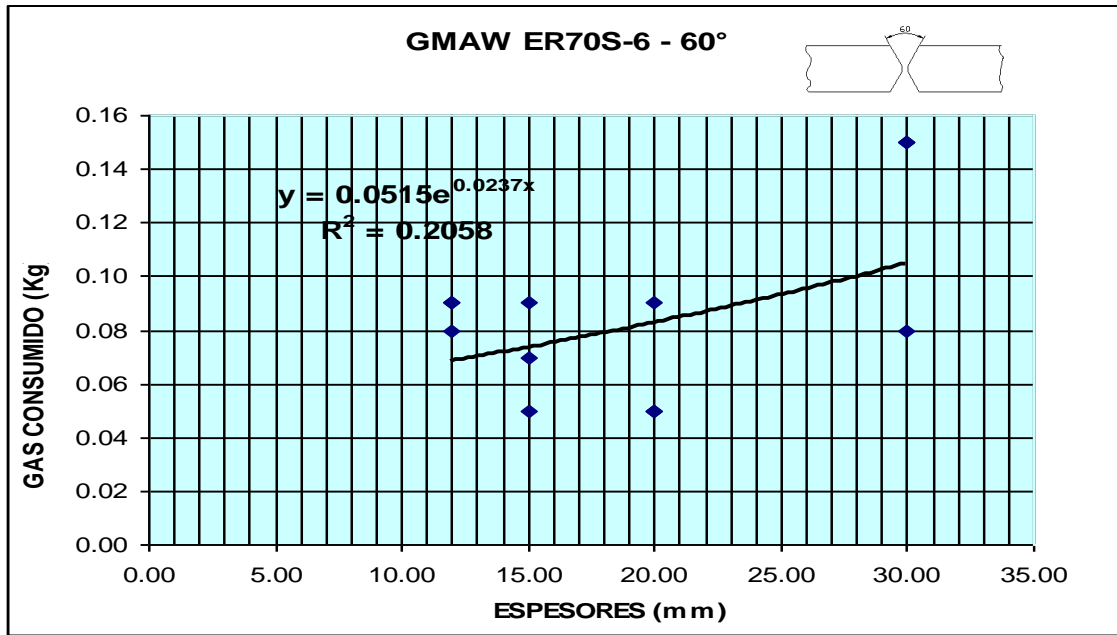
Gráfica 6.13 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-06



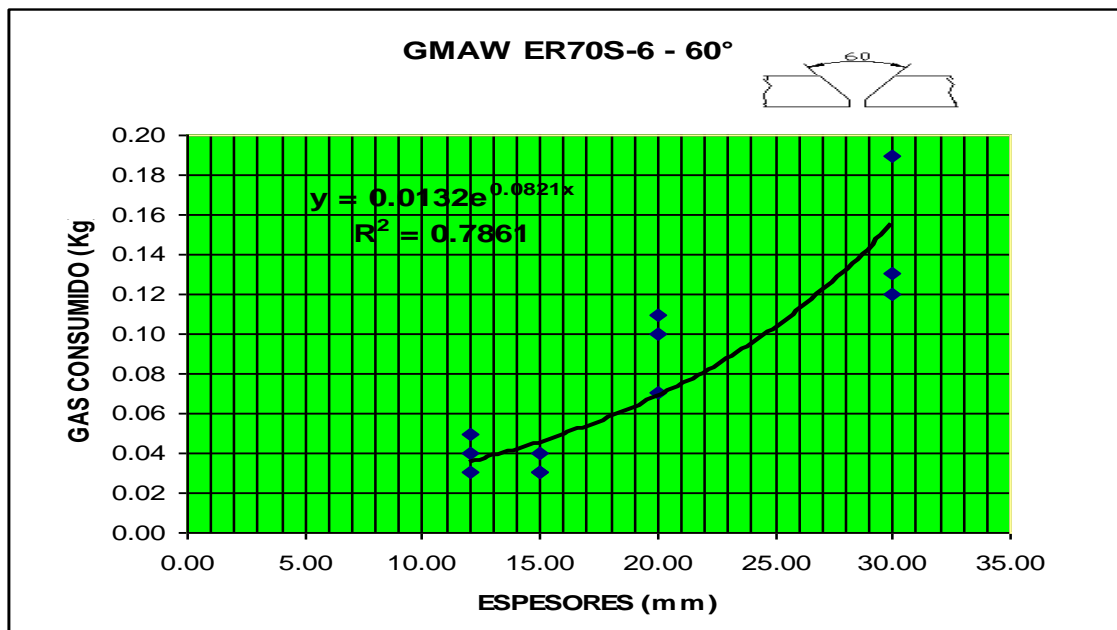
Gráfica 6.14 Curva de consumo de material depositado ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.3 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de gas de protección

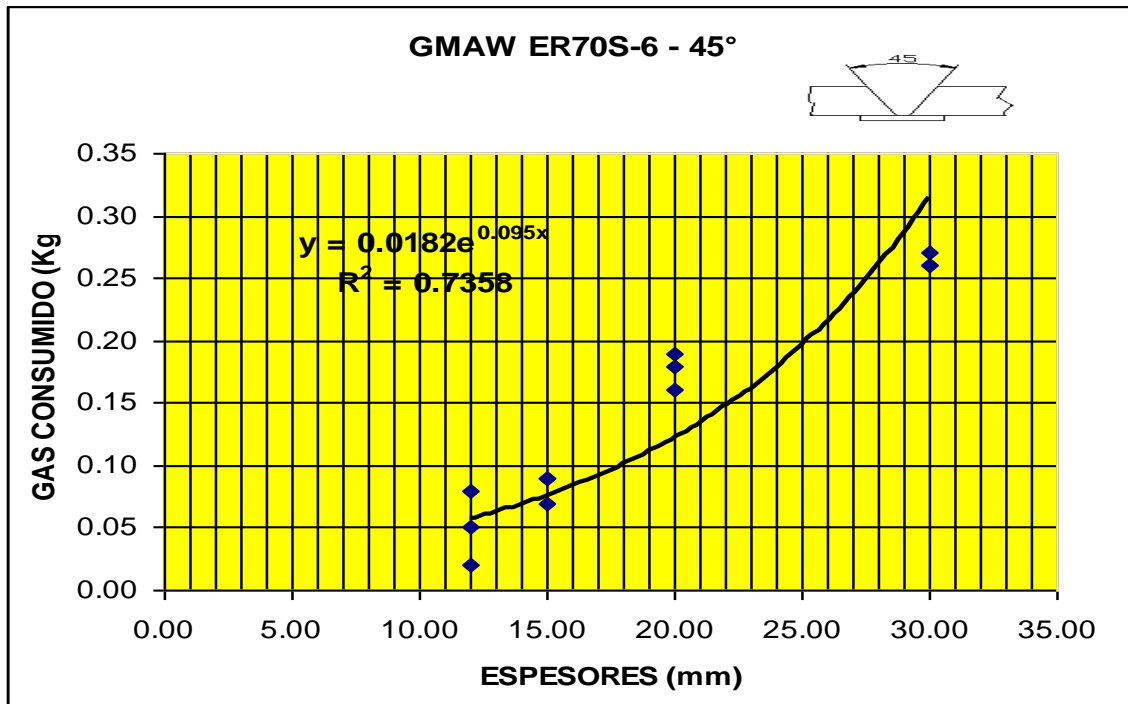
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas
12,00	0,09	12,00	0,04	12,00	0,05	12,00	0,06	12,00	0,02	12,00	0,18	6,00	0,08
12,00	0,08	12,00	0,05	12,00	0,08	12,00	0,03	12,00	0,12	12,00	0,01	6,00	0,04
12,00	0,09	12,00	0,03	12,00	0,02	12,00	0,06	12,00	0,09	12,00	0,03	6,00	0,01
15,00	0,07	15,00	0,04	15,00	0,09	15,00	0,05	15,00	0,10	15,00	0,05	12,00	0,09
15,00	0,09	15,00	0,03	15,00	0,07	15,00	0,06	15,00	0,14	15,00	0,03	12,00	0,11
15,00	0,05	15,00	0,03	15,00	0,09	15,00	0,07	15,00	0,06	15,00	0,07	12,00	0,10
20,00	0,05	20,00	0,11	20,00	0,26	20,00	0,09	20,00	0,17	20,00	0,06	10,00	0,06
20,00	0,09	20,00	0,10	20,00	0,43	20,00	0,13	20,00	0,16	20,00	0,08	10,00	0,08
20,00	0,05	20,00	0,07	20,00	0,18	20,00	0,14	20,00	0,14	20,00	0,07	10,00	0,09
30,00	0,08	30,00	0,12	30,00	0,27	30,00	0,21	30,00	0,16	30,00	0,81	8,00	0,09
30,00	0,15	30,00	0,19	30,00	0,26	30,00	0,23	30,00	0,23	30,00	0,16	8,00	0,08
30,00	0,15	30,00	0,13	30,00	0,26	30,00	0,15	30,00	0,37	30,00	0,17	8,00	0,07



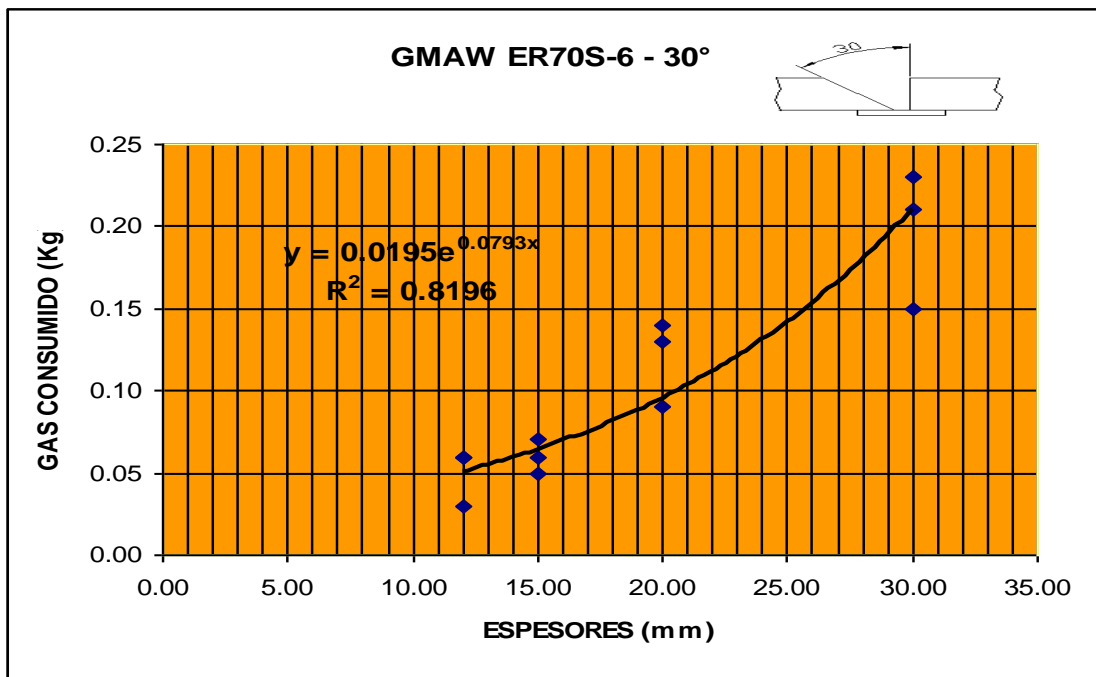
Gráfica 6.15 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-01



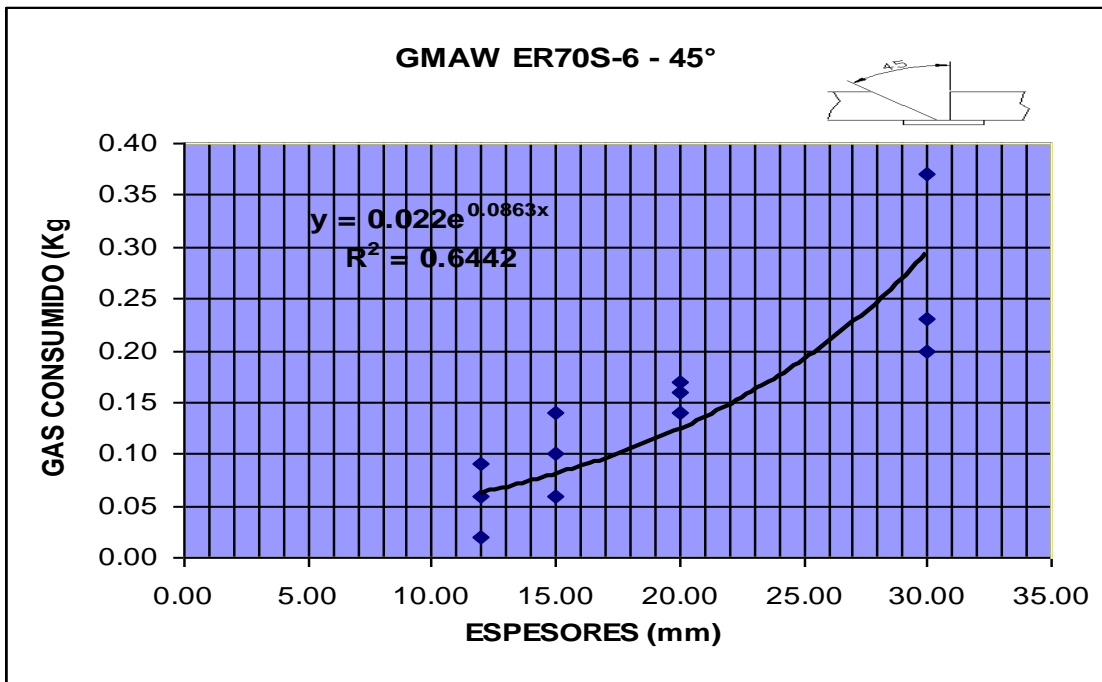
Gráfica 6.16 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-02



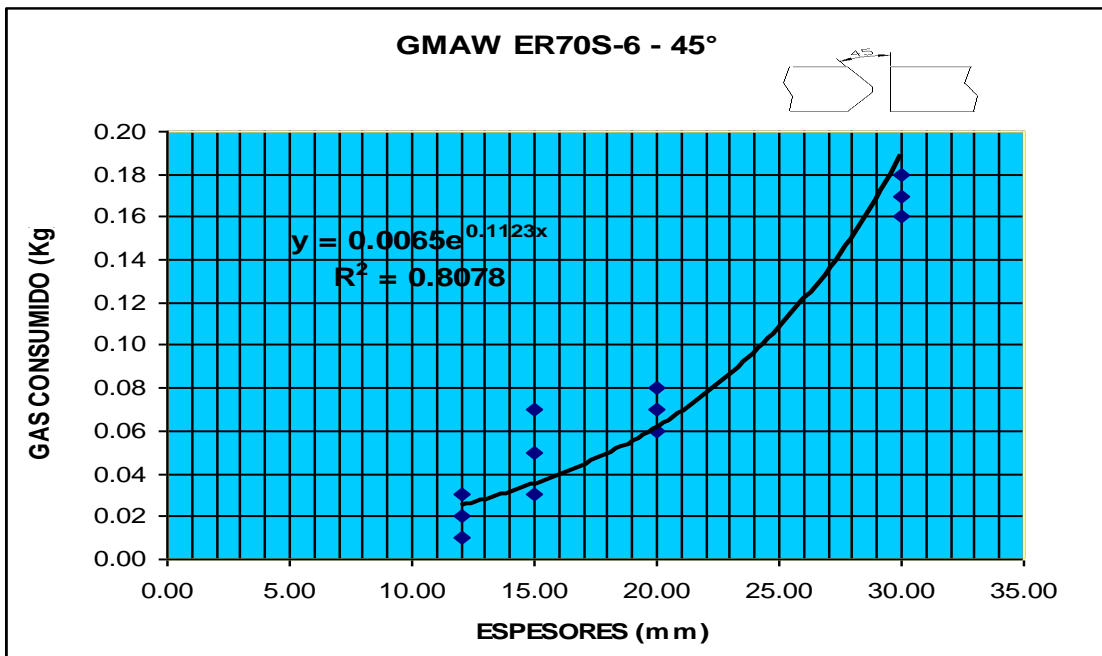
Gráfica 6.17 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-03



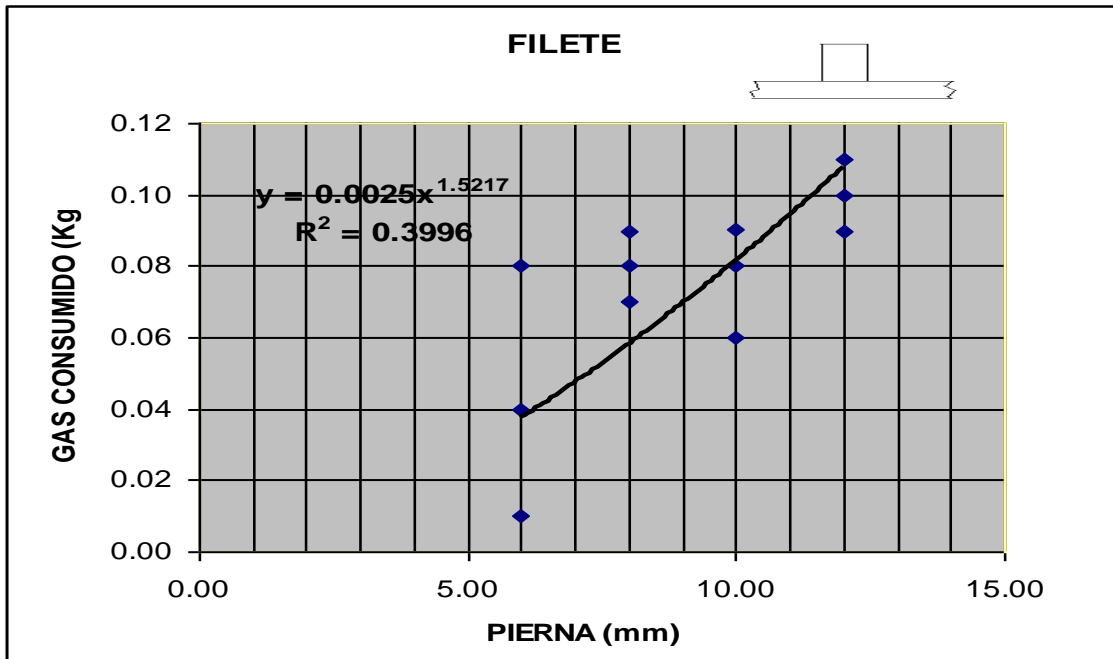
Gráfica 6.18 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.19 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-05



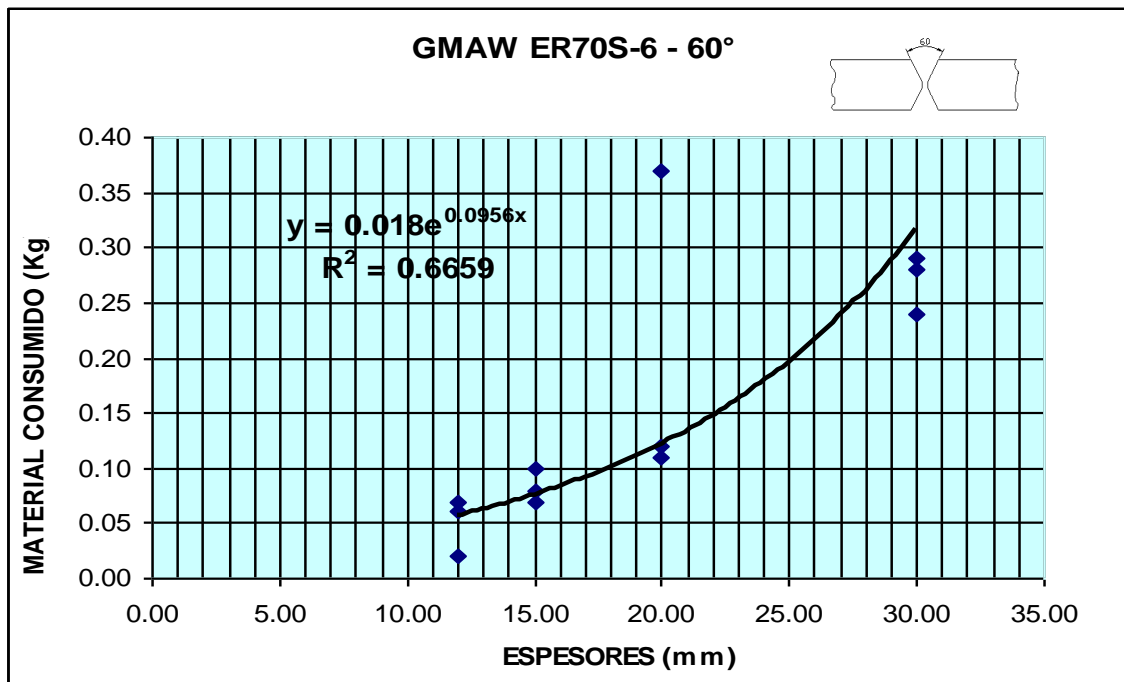
Gráfica 6.20 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-06



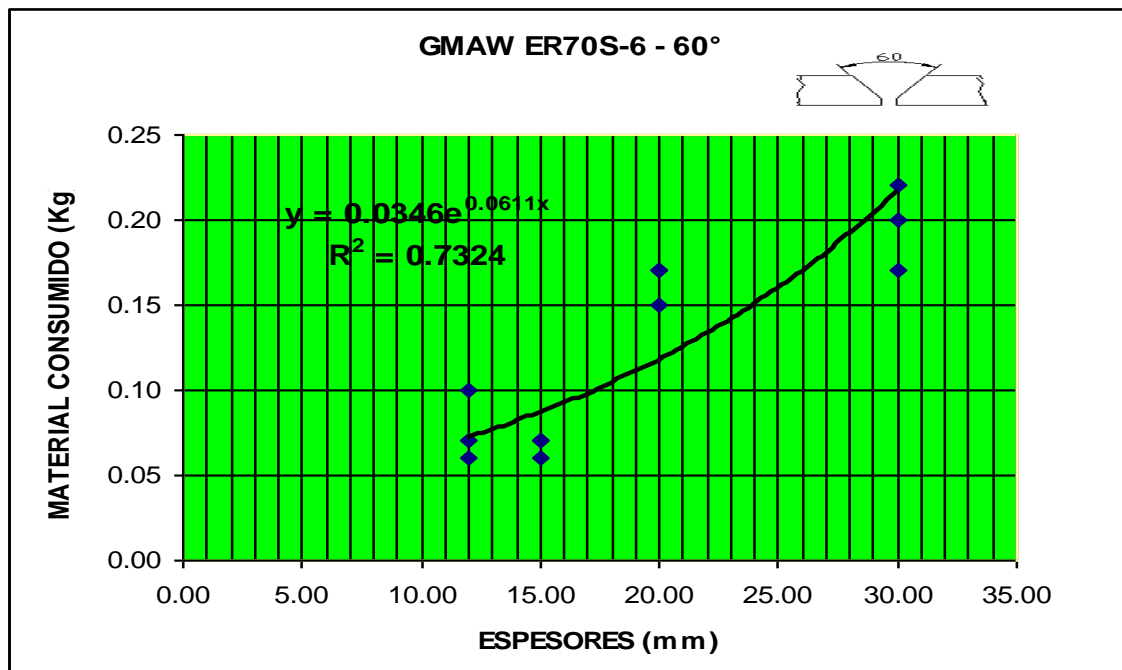
Gráfica 6.21 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.4 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de material consumido ER70S-6

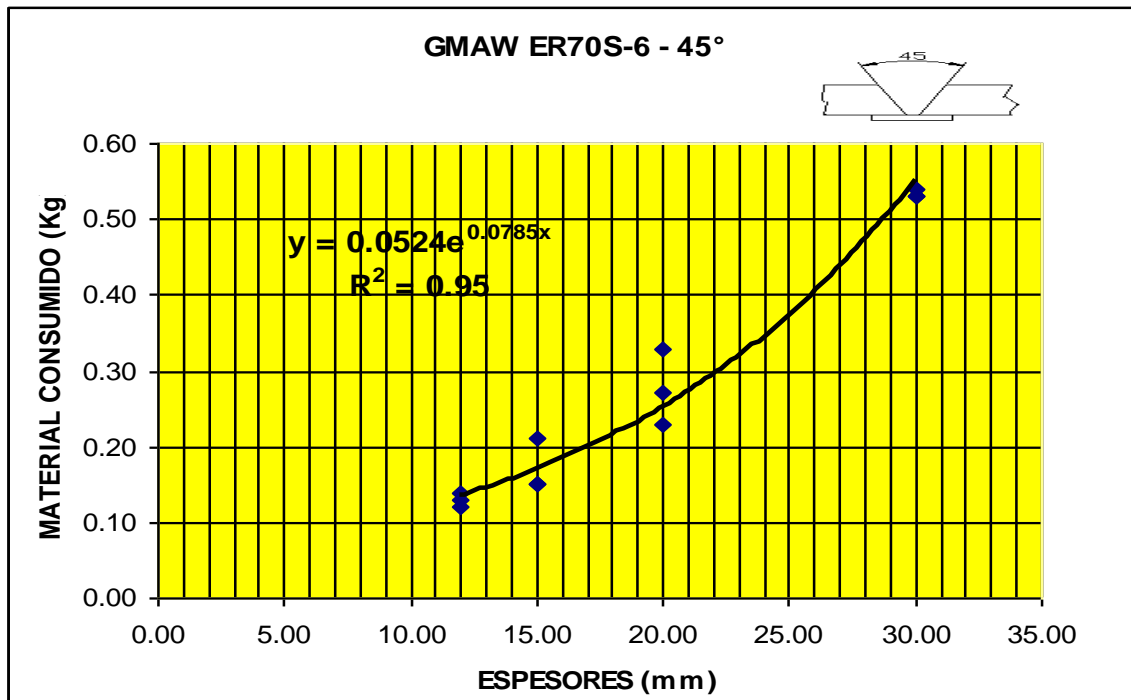
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.
12,00	0,07	12,00	0,06	12,00	0,13	12,00	0,15	12,00	0,16	12,00	0,13	6,00	0,10
12,00	0,02	12,00	0,10	12,00	0,14	12,00	0,12	12,00	0,15	12,00	0,03	6,00	0,08
12,00	0,06	12,00	0,07	12,00	0,12	12,00	0,11	12,00	0,11	12,00	0,09	6,00	0,07
15,00	0,07	15,00	0,06	15,00	3,15	15,00	0,19	15,00	0,12	15,00	0,08	12,00	0,12
15,00	0,10	15,00	0,07	15,00	0,21	15,00	0,10	15,00	0,21	15,00	0,08	12,00	0,12
15,00	0,08	15,00	0,07	15,00	0,15	15,00	0,16	15,00	0,11	15,00	0,16	12,00	0,16
20,00	0,37	20,00	0,17	20,00	0,27	20,00	0,21	20,00	0,24	20,00	0,12	10,00	0,08
20,00	0,12	20,00	0,15	20,00	0,23	20,00	0,27	20,00	0,30	20,00	0,13	10,00	0,15
20,00	0,11	20,00	0,17	20,00	0,33	20,00	0,20	20,00	0,25	20,00	0,13	10,00	0,12
30,00	0,24	30,00	0,20	30,00	0,53	30,00	0,39	30,00	0,51	30,00	0,37	8,00	0,12
30,00	0,29	30,00	0,35	30,00	0,54	30,00	0,38	30,00	0,47	30,00	0,35	8,00	0,09
30,00	0,28	30,00	0,17	30,00	0,53	30,00	0,37	30,00	0,54	30,00	0,39	8,00	0,12



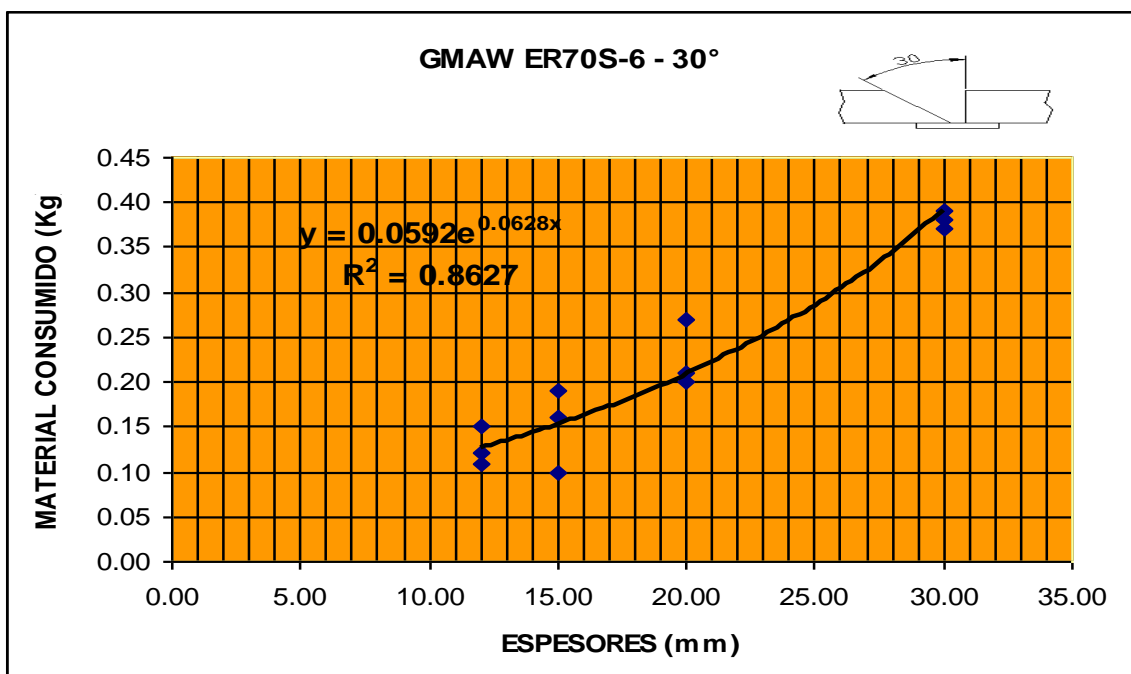
Gráfica 6.22 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-01



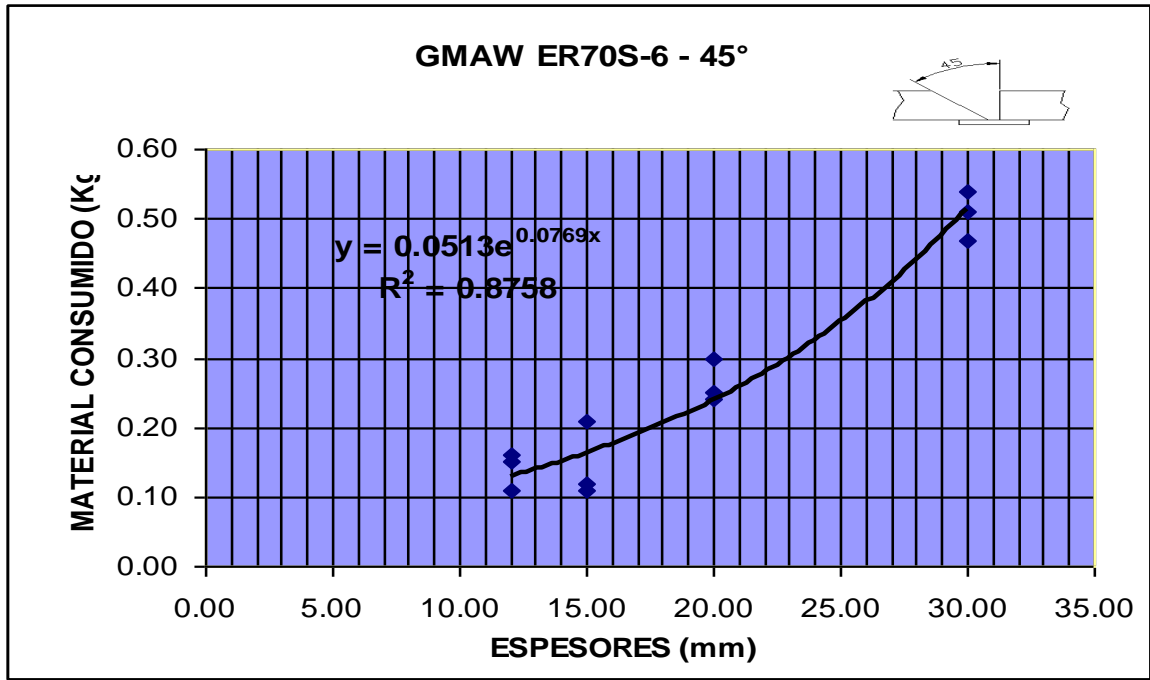
Gráfica 6.23 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-02



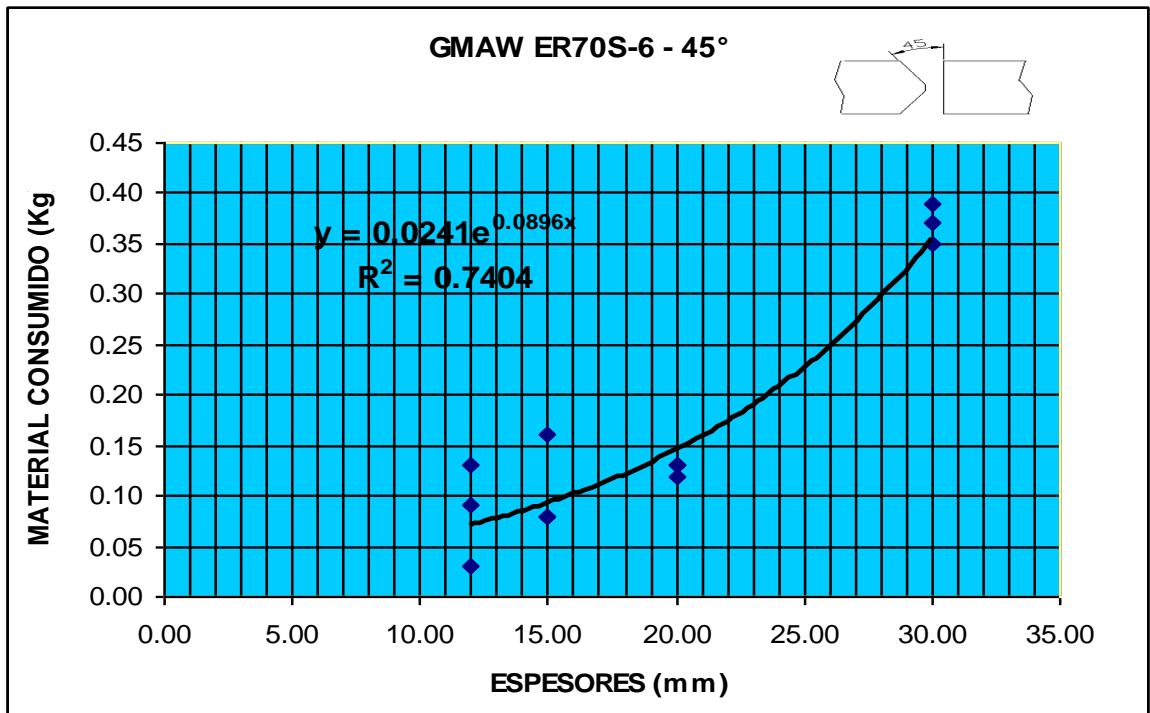
Gráfica 6.23 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-03



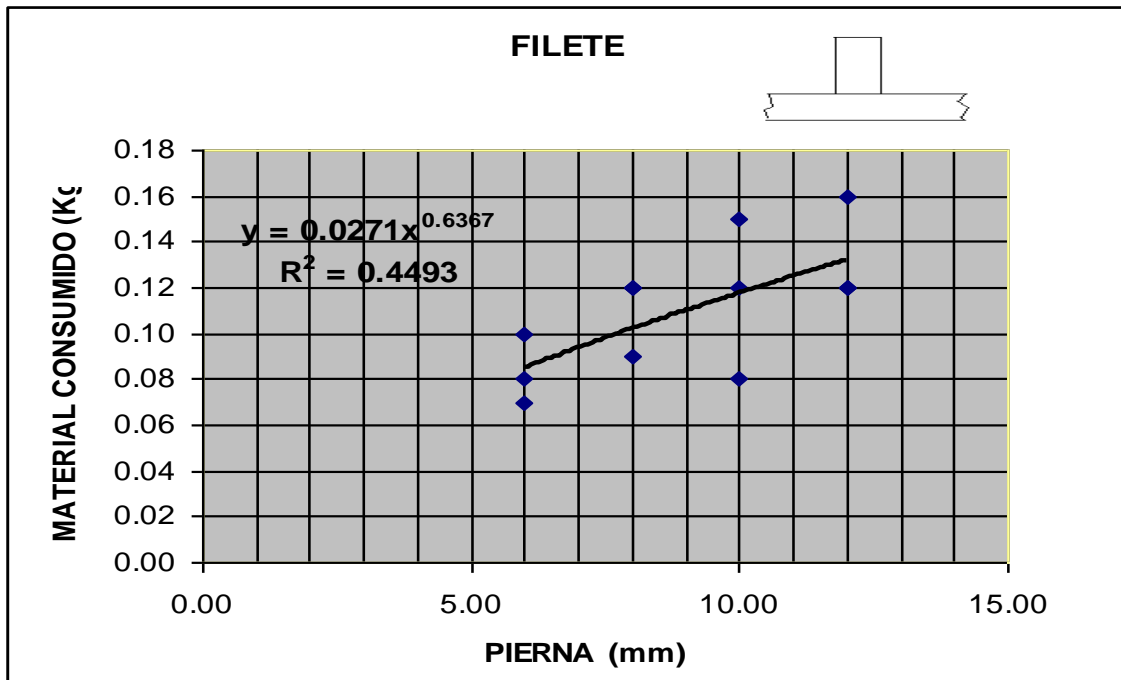
Gráfica 6.24 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.25 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-05



Gráfica 6.26 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-06

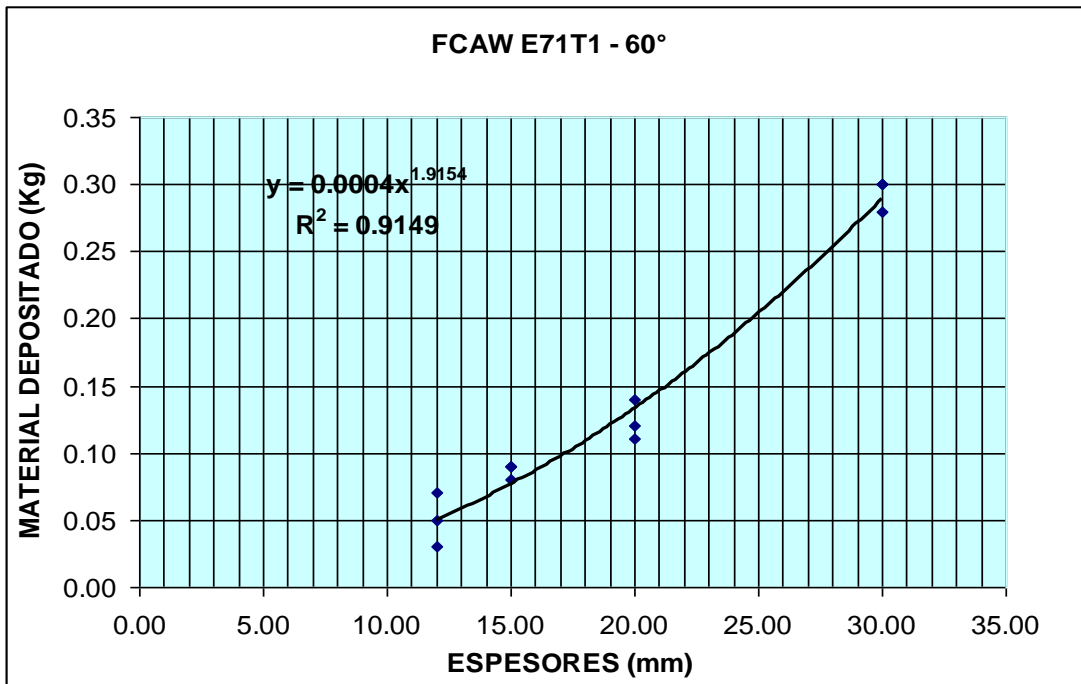


Gráfica 6.27 Curva de material consumido ER70S-6 de la junta FMSB-DI-WPS-07

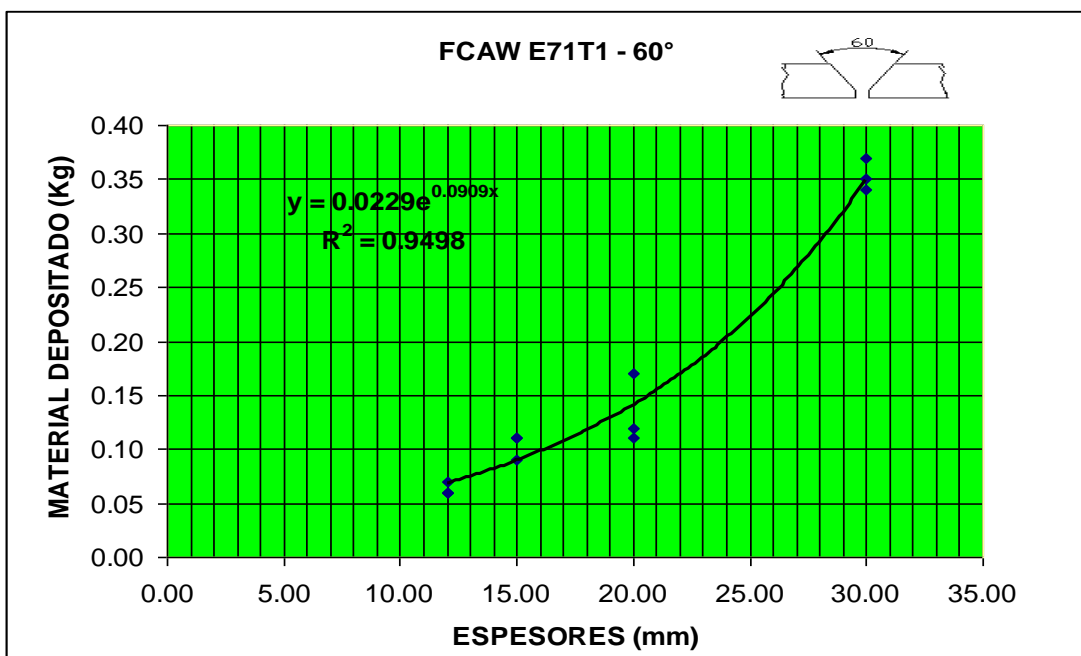
6.1.2.3. Proceso FCAW electrodo ER71T-1

Tabla 6.5 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de material depositado E71T-1

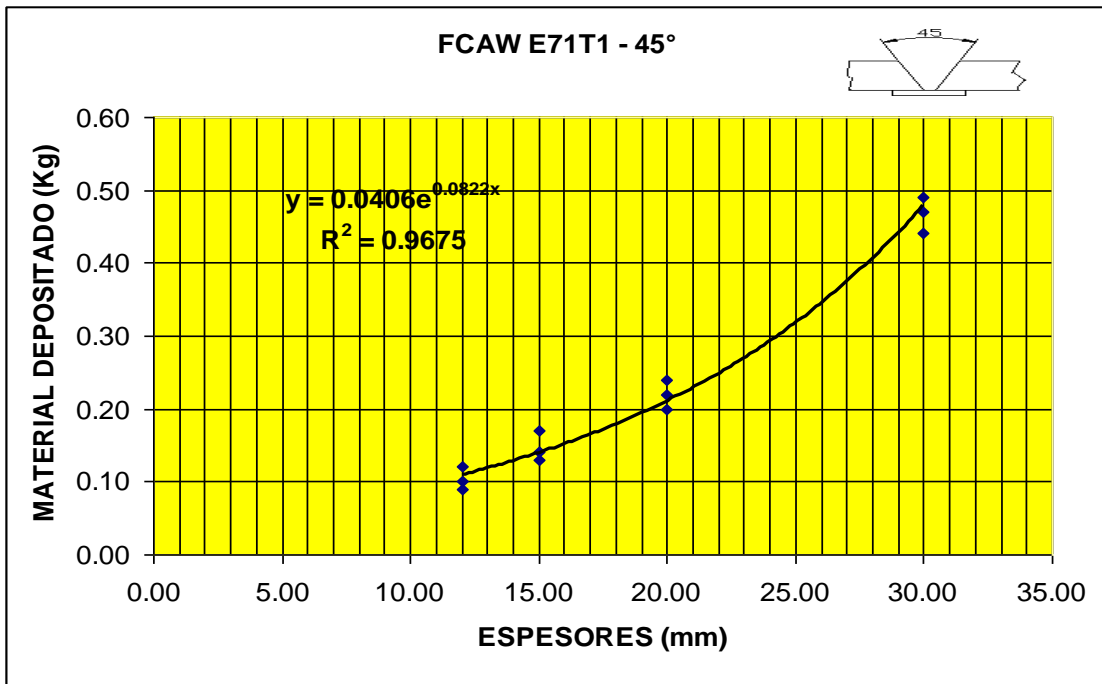
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.
12,00	0,07	12,00	0,07	12,00	0,12	12,00	0,06	12,00	0,11	12,00	0,05	6,00	0,05
12,00	0,03	12,00	0,06	12,00	0,10	12,00	0,06	12,00	0,12	12,00	0,04	6,00	0,05
12,00	0,05	12,00	0,06	12,00	0,09	12,00	0,09	12,00	0,14	12,00	0,04	6,00	0,04
15,00	0,09	15,00	0,09	15,00	0,17	15,00	0,14	15,00	0,12	15,00	0,06	8,00	0,07
15,00	0,08	15,00	0,11	15,00	0,14	15,00	0,14	15,00	0,13	15,00	0,07	8,00	0,06
15,00	0,09	15,00	0,11	15,00	0,13	15,00	0,15	15,00	0,13	15,00	0,08	8,00	0,05
20,00	0,11	20,00	0,12	20,00	0,20	20,00	0,20	20,00	0,20	20,00	0,10	10,00	0,08
20,00	0,14	20,00	0,11	20,00	0,22	20,00	0,20	20,00	0,20	20,00	0,10	10,00	0,09
20,00	0,12	20,00	0,17	20,00	0,24	20,00	0,19	20,00	0,23	20,00	0,13	10,00	0,07
30,00	0,30	30,00	0,35	30,00	0,49	30,00	0,34	30,00	0,42	30,00	0,42	12,00	0,10
30,00	0,30	30,00	0,37	30,00	0,47	30,00	0,35	30,00	0,44	30,00	0,18	12,00	0,10
30,00	0,28	30,00	0,34	30,00	0,44	30,00	0,36	30,00	0,39	30,00	0,21	12,00	0,08



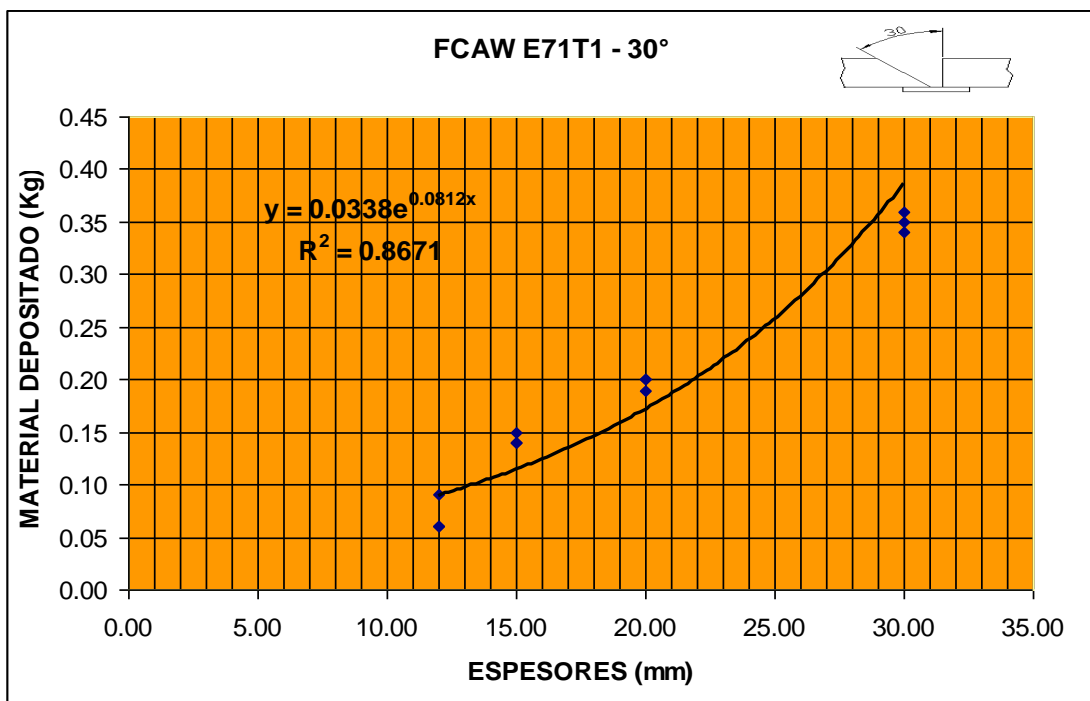
Gráfica 6.28 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-01



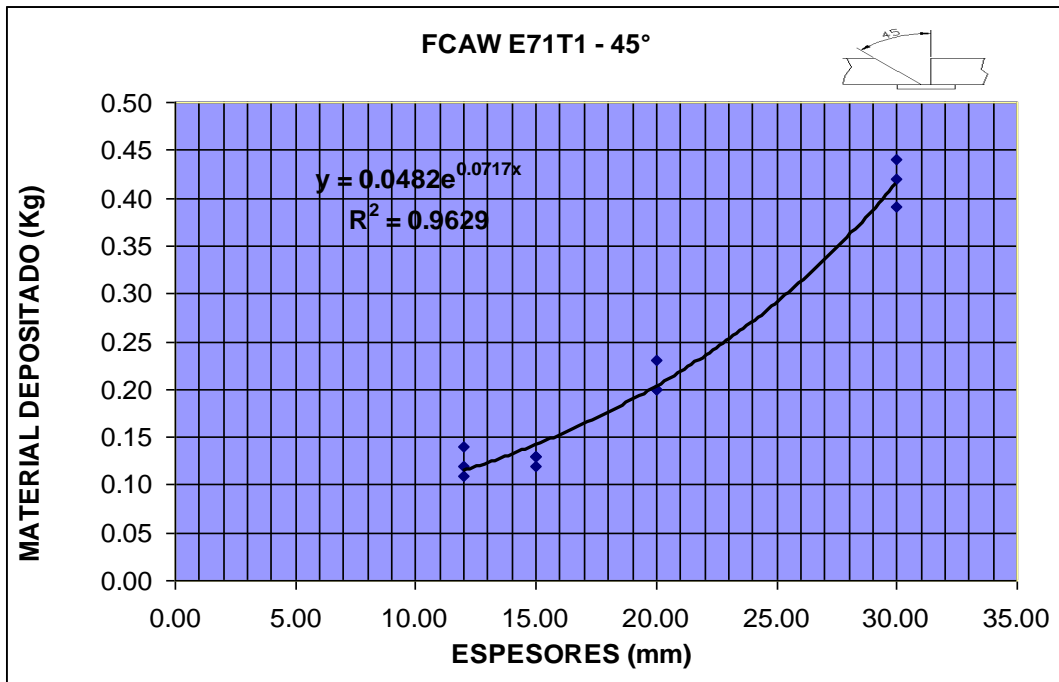
Gráfica 6.29 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-02



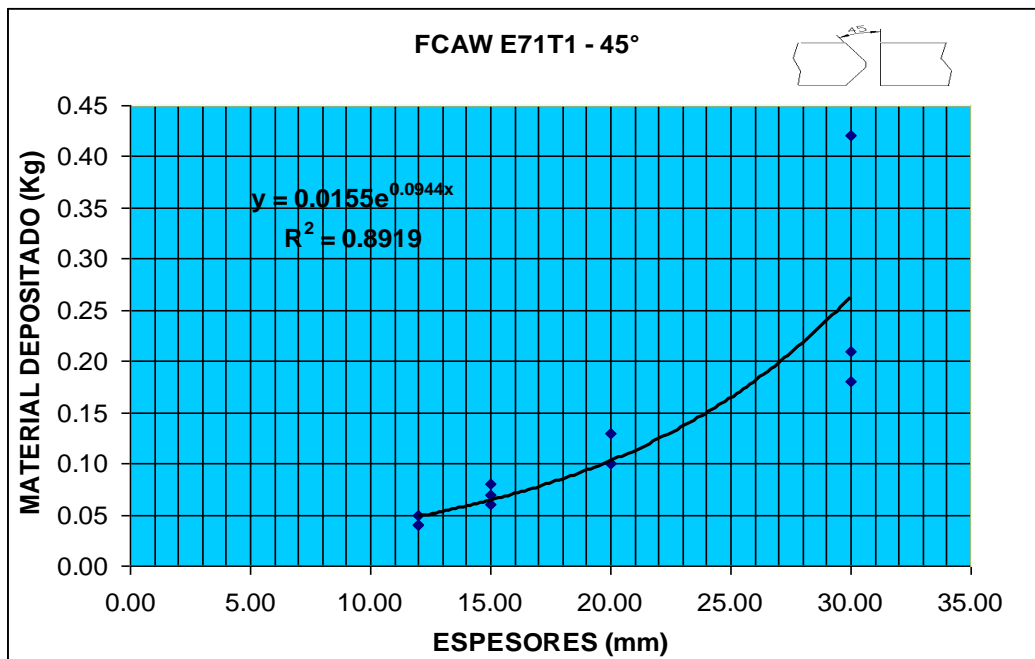
Gráfica 6.30 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-03



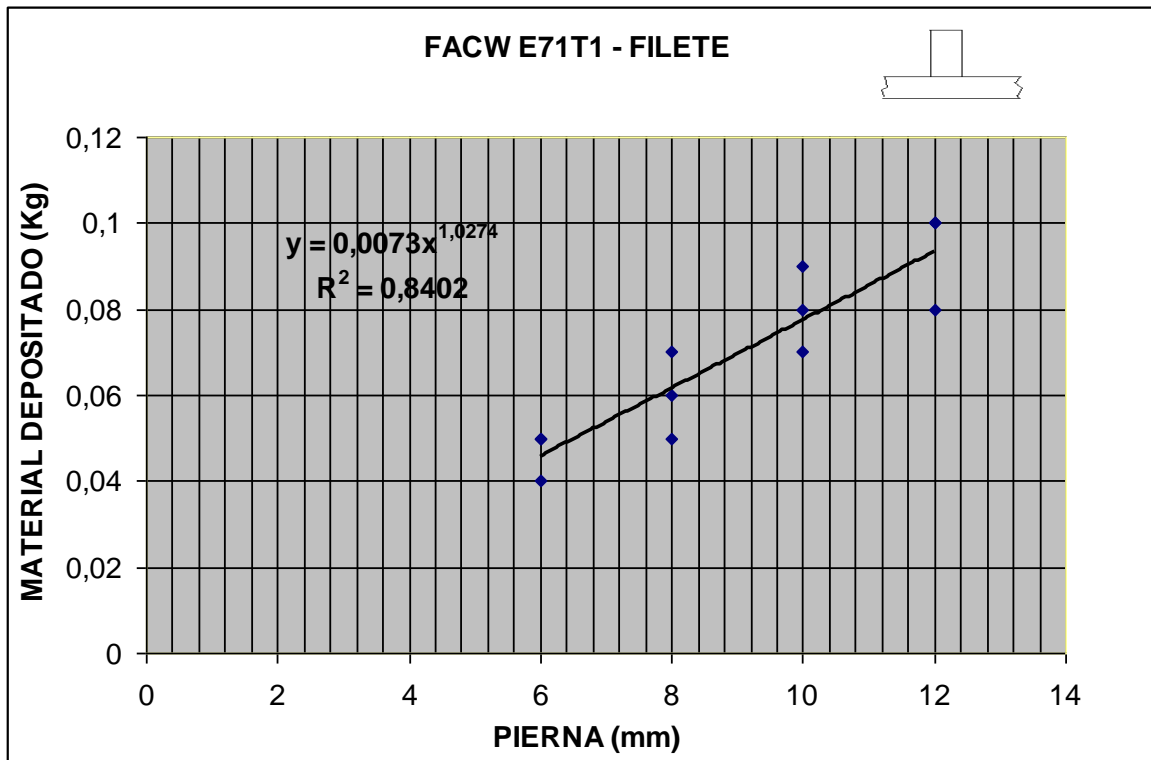
Gráfica 6.31 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.32 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-05



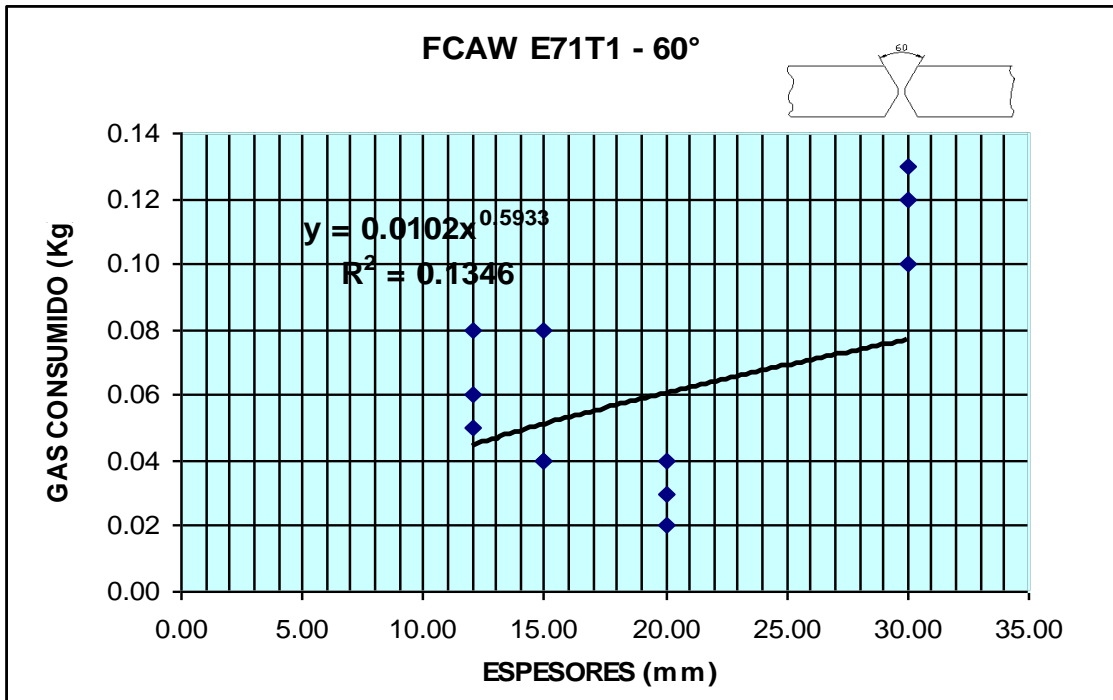
Gráfica 6.33 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-06



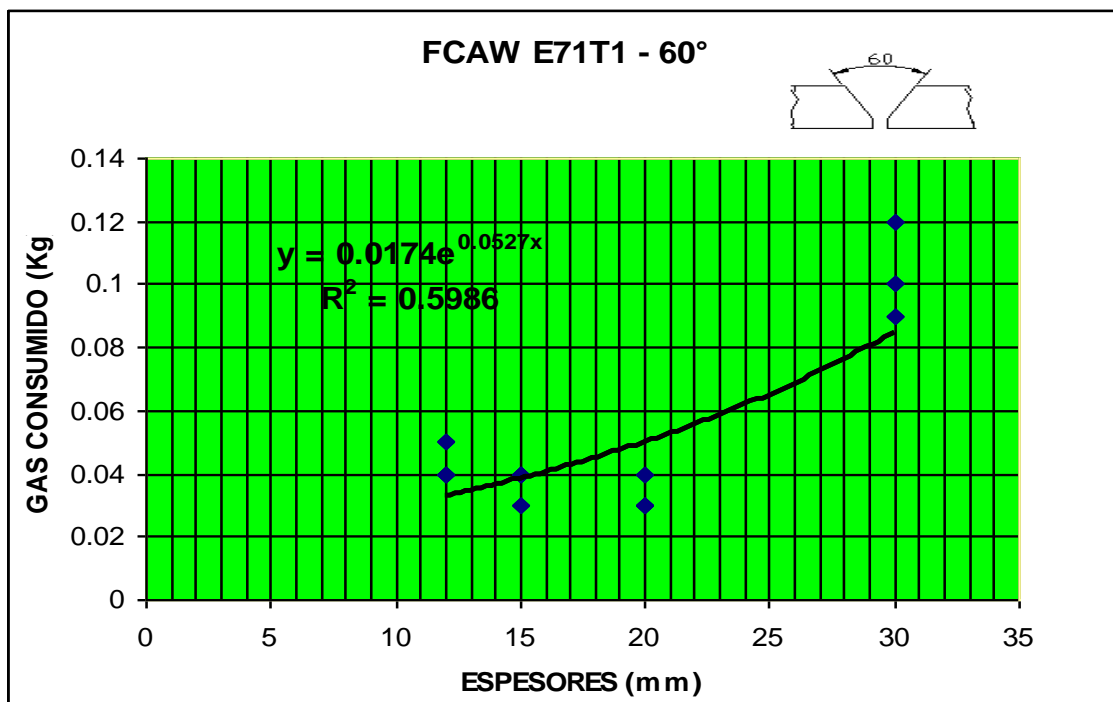
Gráfica 6.34 Curva de consumo de material depositado E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.6 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de gas de protección

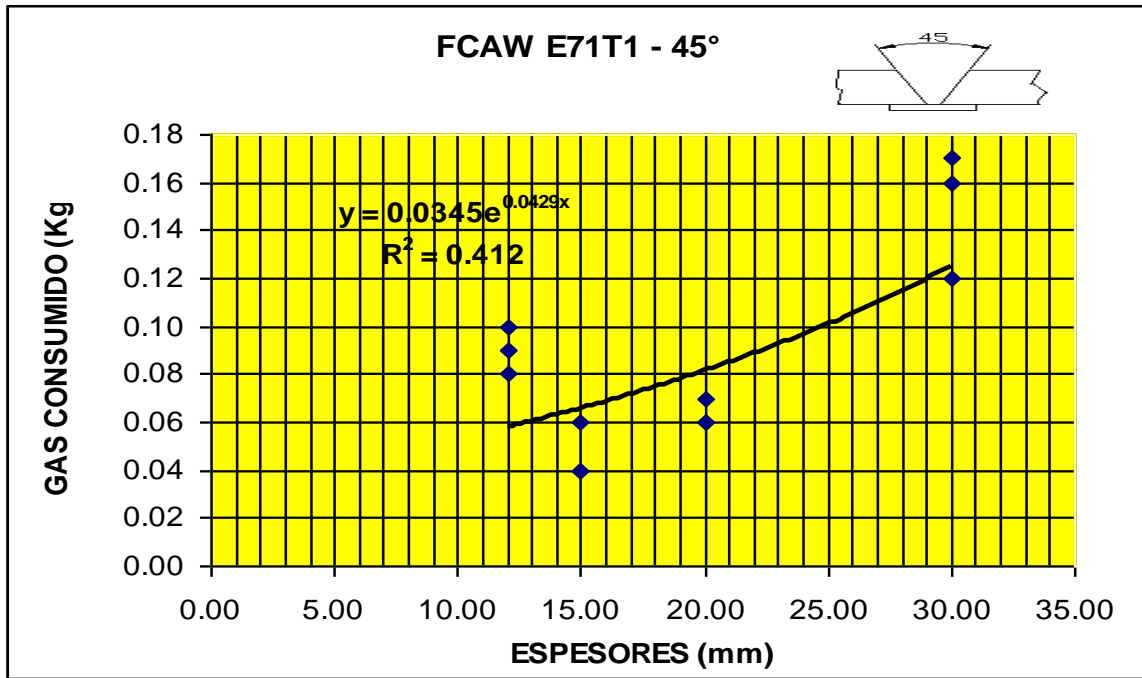
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas
12,00	0,05	12,00	0,05	12,00	0,08	12,00	0,07	12,00	0,04	12,00	0,04	6,00	0,01
12,00	0,06	12,00	0,04	12,00	0,10	12,00	0,11	12,00	0,09	12,00	0,04	6,00	0,02
12,00	0,08	12,00	0,04	12,00	0,09	12,00	0,08	12,00	0,05	12,00	0,04	6,00	0,02
15,00	0,08	15,00	0,03	15,00	0,06	15,00	0,06	15,00	0,01	15,00	0,02	8,00	0,03
15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,02	8,00	0,04
15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,04	15,00	0,06	15,00	0,04	15,00	0,02	8,00	0,03
20,00	0,03	20,00	0,03	20,00	0,06	20,00	0,16	20,00	0,04	20,00	0,06	10,00	0,03
20,00	0,02	20,00	0,03	20,00	0,07	20,00	0,07	20,00	0,10	20,00	0,03	10,00	0,03
20,00	0,04	20,00	0,04	20,00	0,06	20,00	0,06	20,00	0,06	20,00	0,06	10,00	0,03
30,00	0,12	30,00	0,10	30,00	0,12	30,00	0,08	30,00	0,11	30,00	0,07	12,00	0,04
30,00	0,13	30,00	0,12	30,00	0,16	30,00	0,10	30,00	0,14	30,00	0,05	12,00	0,03
30,00	0,10	30,00	0,09	30,00	0,17	30,00	0,12	30,00	0,14	30,00	0,07	12,00	0,04



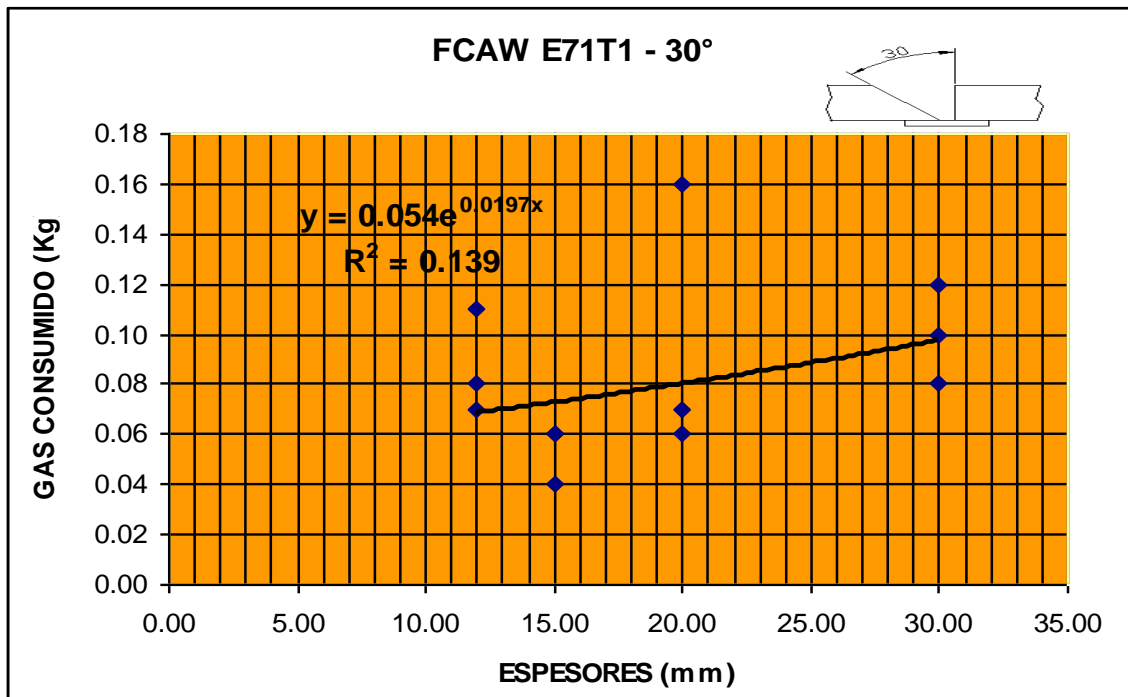
Gráfica 6.35 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-01



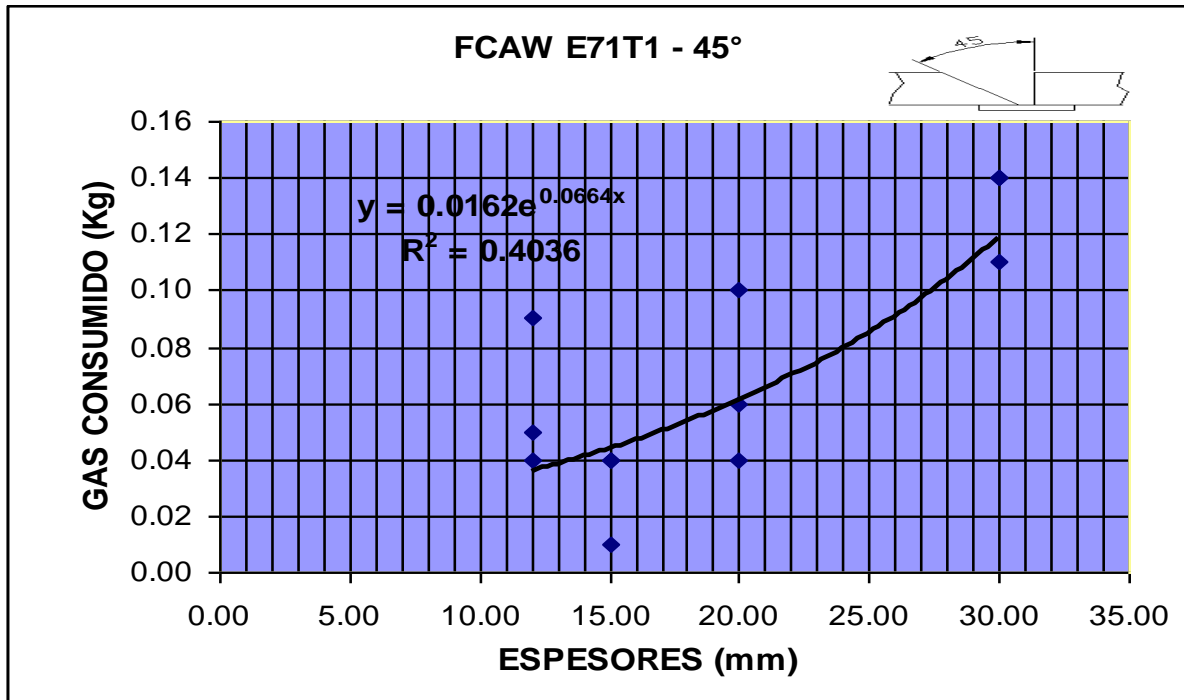
Gráfica 6.36 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-02



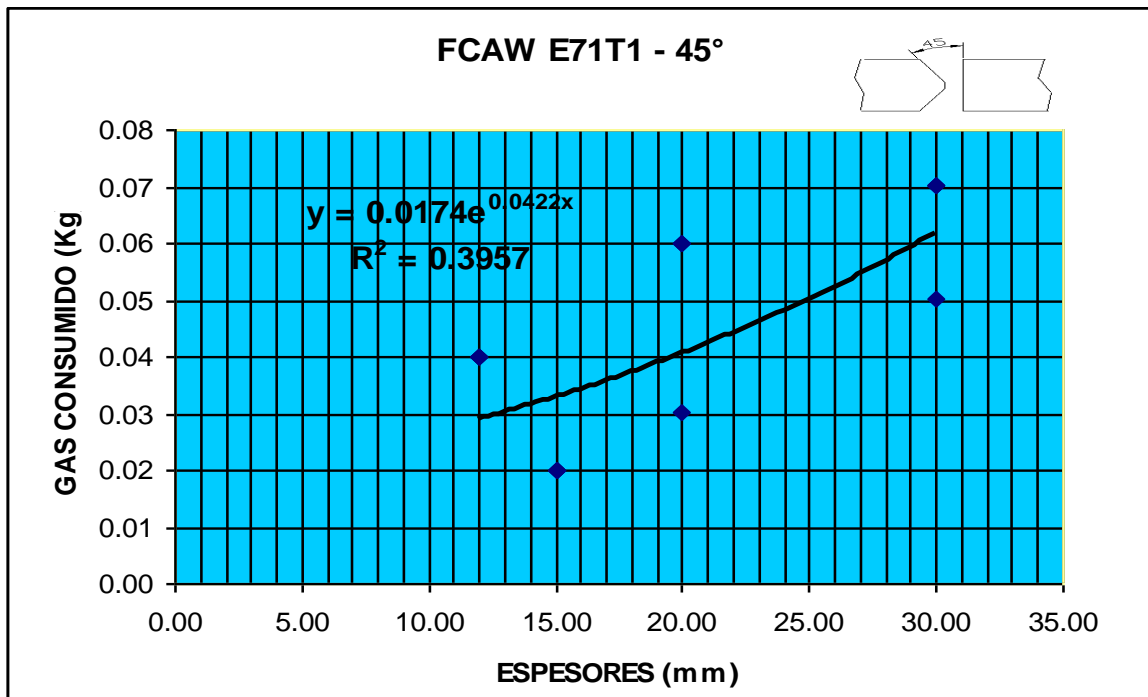
Gráfica 6.37 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-03



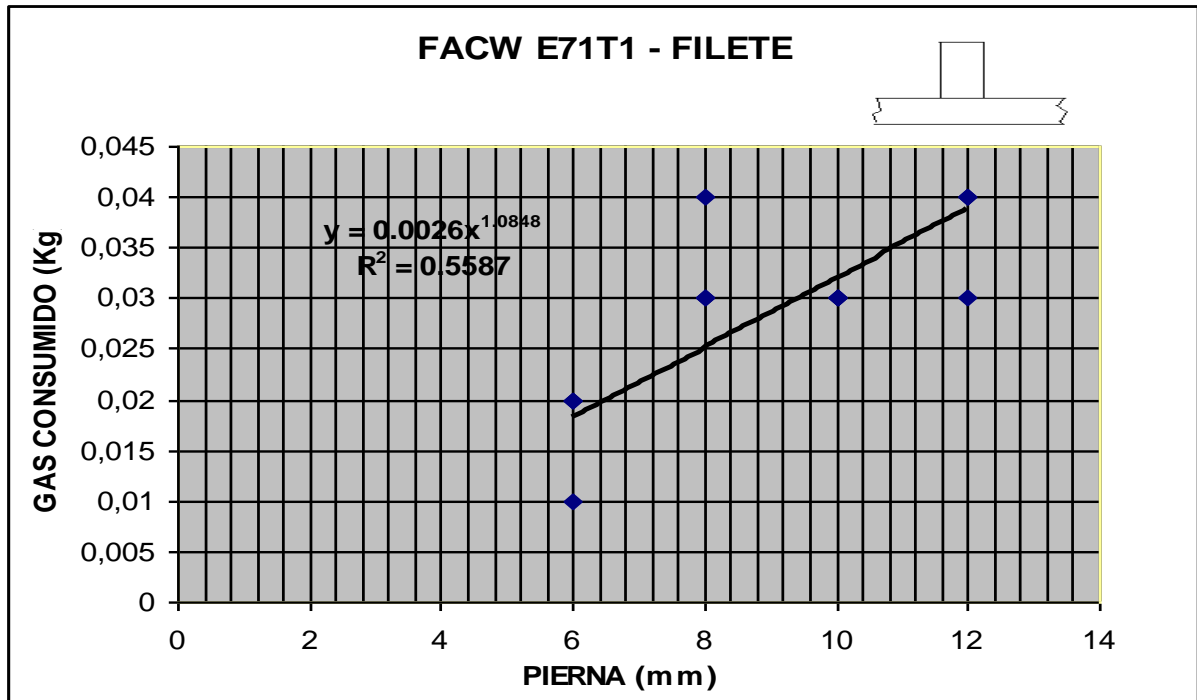
Gráfica 6.38 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.39 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-05



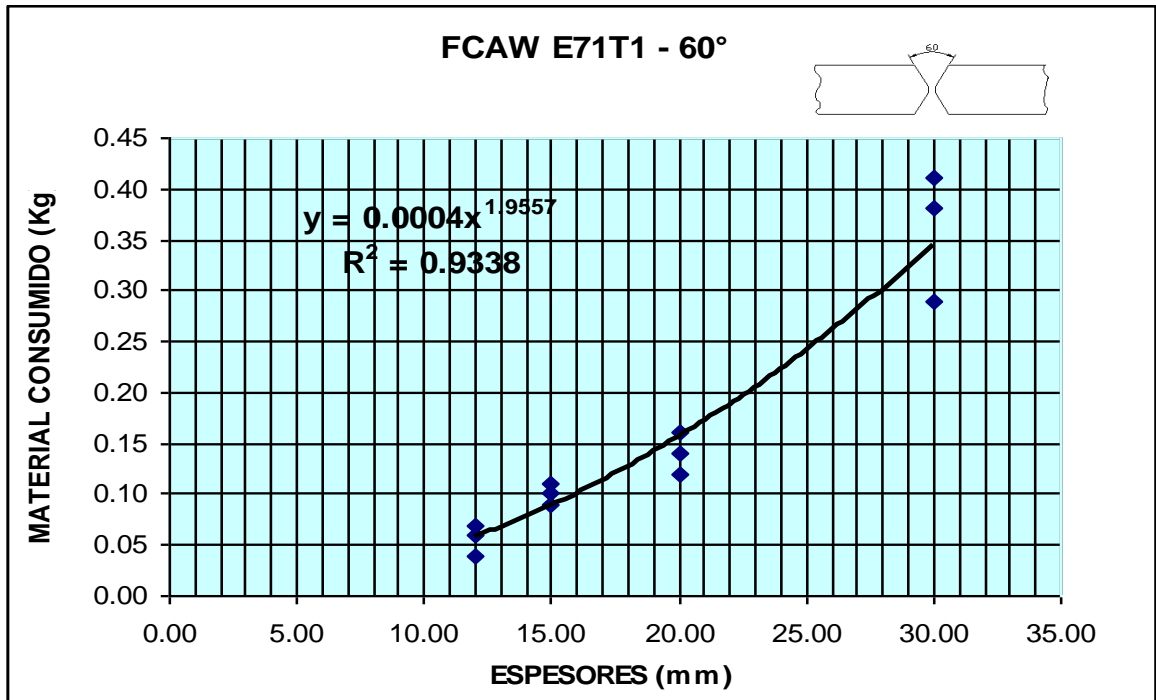
Gráfica 6.40 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-06



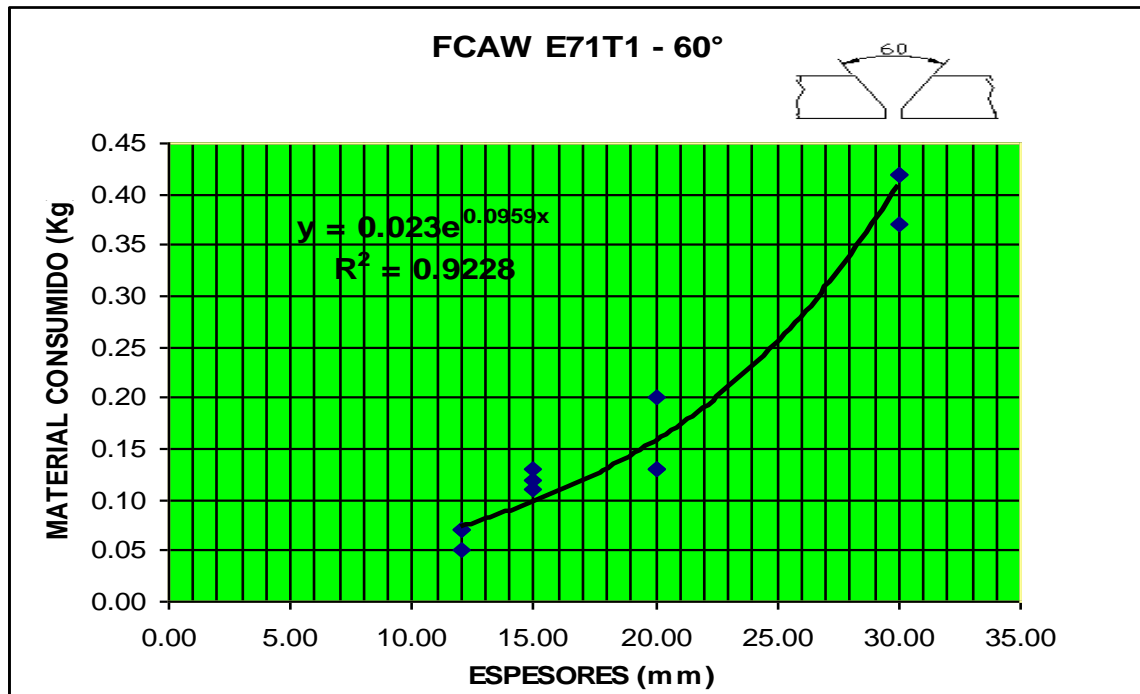
Gráfica 6.41 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.7 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de material consumido E71T-1

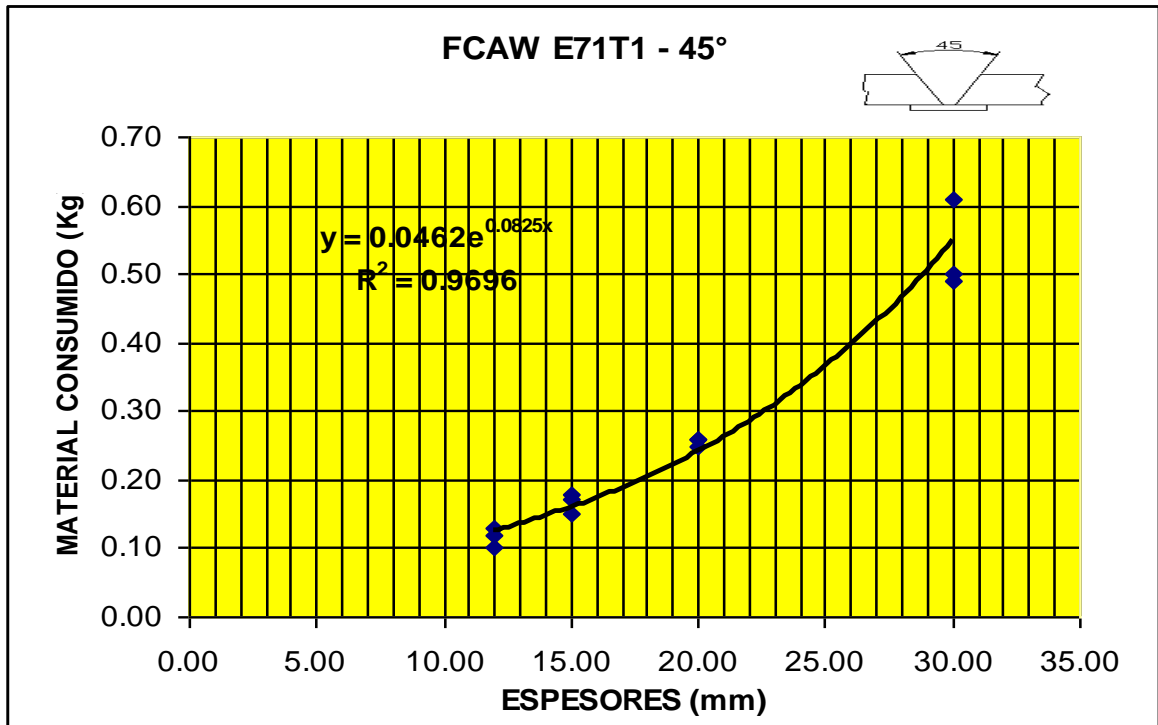
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.
12,00	0,07	12,00	0,07	12,00	0,13	12,00	0,06	12,00	0,14	12,00	0,06	6,00	0,06
12,00	0,04	12,00	0,05	12,00	0,12	12,00	0,07	12,00	0,14	12,00	0,04	6,00	0,04
12,00	0,06	12,00	0,07	12,00	0,10	12,00	0,10	12,00	0,13	12,00	0,05	6,00	0,06
15,00	0,10	15,00	0,12	15,00	0,17	15,00	0,15	15,00	0,13	15,00	0,05	8,00	0,08
15,00	0,11	15,00	0,11	15,00	0,18	15,00	0,16	15,00	0,15	15,00	0,08	8,00	0,08
15,00	0,09	15,00	0,13	15,00	0,15	15,00	0,16	15,00	0,18	15,00	0,07	8,00	0,08
20,00	0,12	20,00	0,13	20,00	0,26	20,00	0,23	20,00	0,25	20,00	0,12	10,00	0,09
20,00	0,16	20,00	0,20	20,00	0,26	20,00	0,24	20,00	0,22	20,00	0,11	10,00	0,10
20,00	0,14	20,00	0,13	20,00	0,25	20,00	0,22	20,00	0,23	20,00	0,13	10,00	0,08
30,00	0,41	30,00	0,42	30,00	0,50	30,00	0,35	30,00	0,48	30,00	0,27	12,00	0,11
30,00	0,38	30,00	0,42	30,00	0,61	30,00	0,40	30,00	0,49	30,00	0,29	12,00	0,10
30,00	0,29	30,00	0,37	30,00	0,49	30,00	0,39	30,00	0,44	30,00	0,25	12,00	0,10



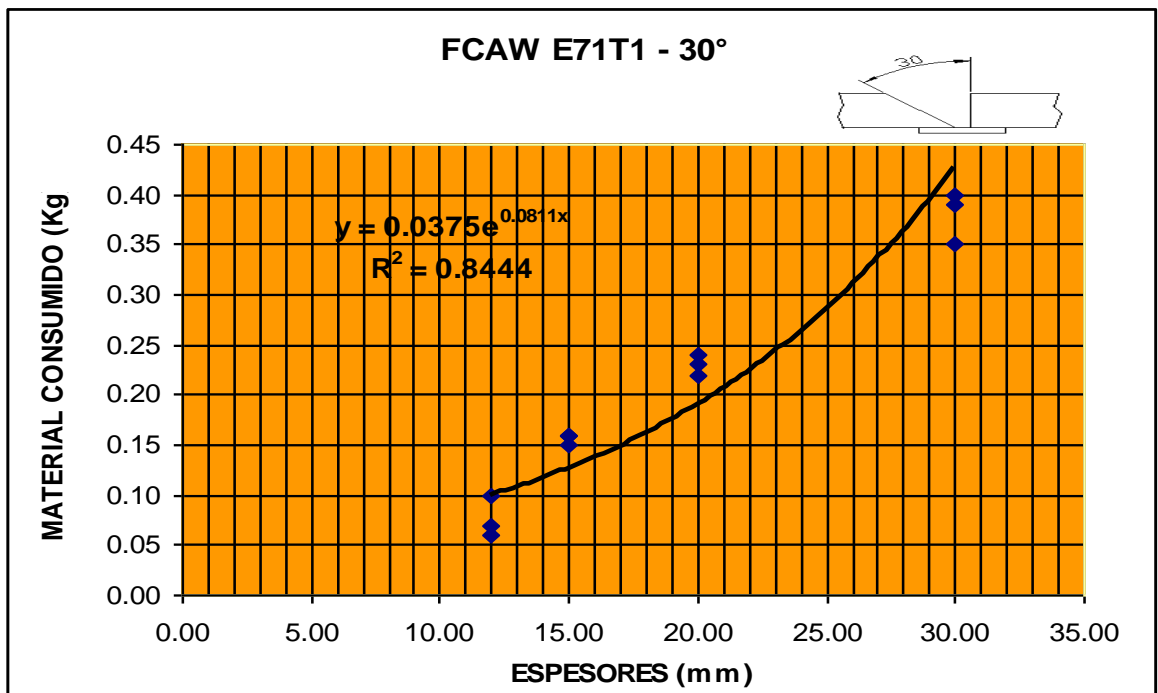
Gráfica 6.42 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-01



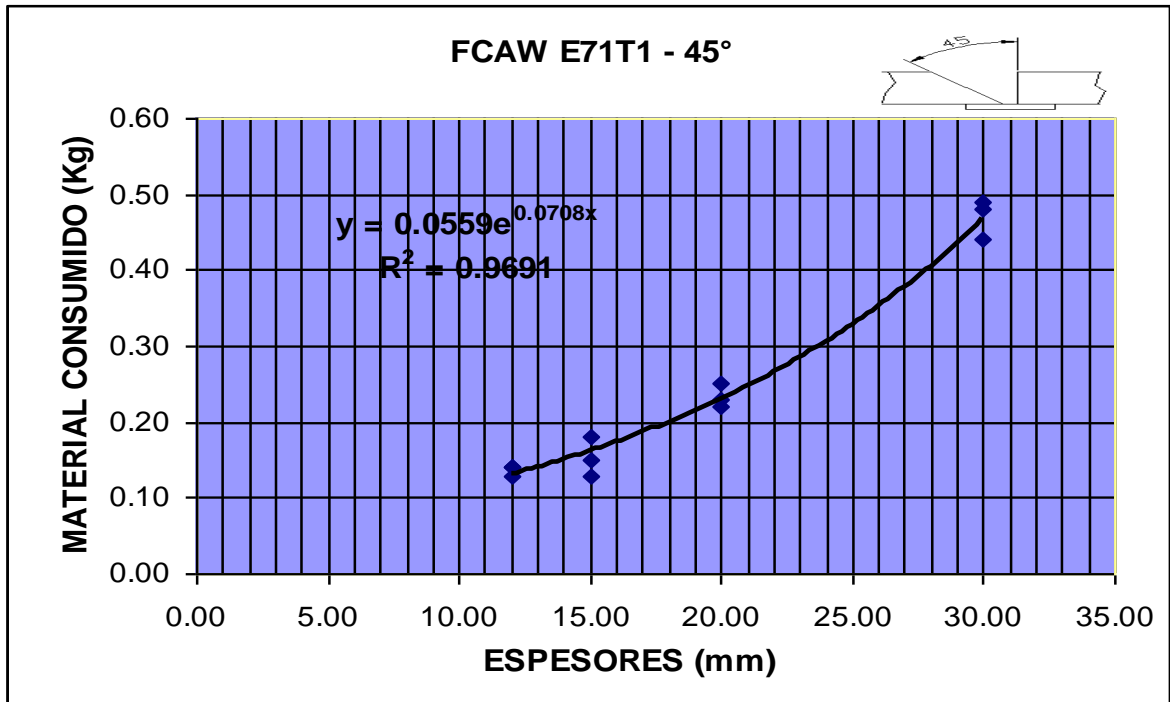
Gráfica 6.43 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-02



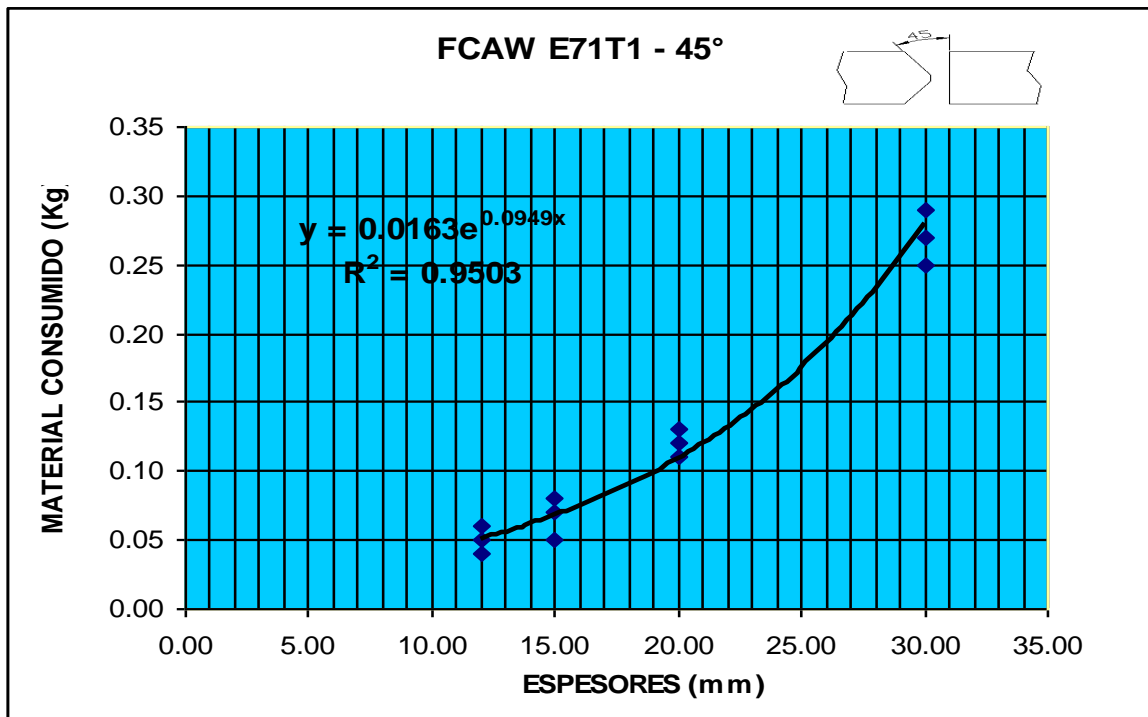
Gráfica 6.44 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-03



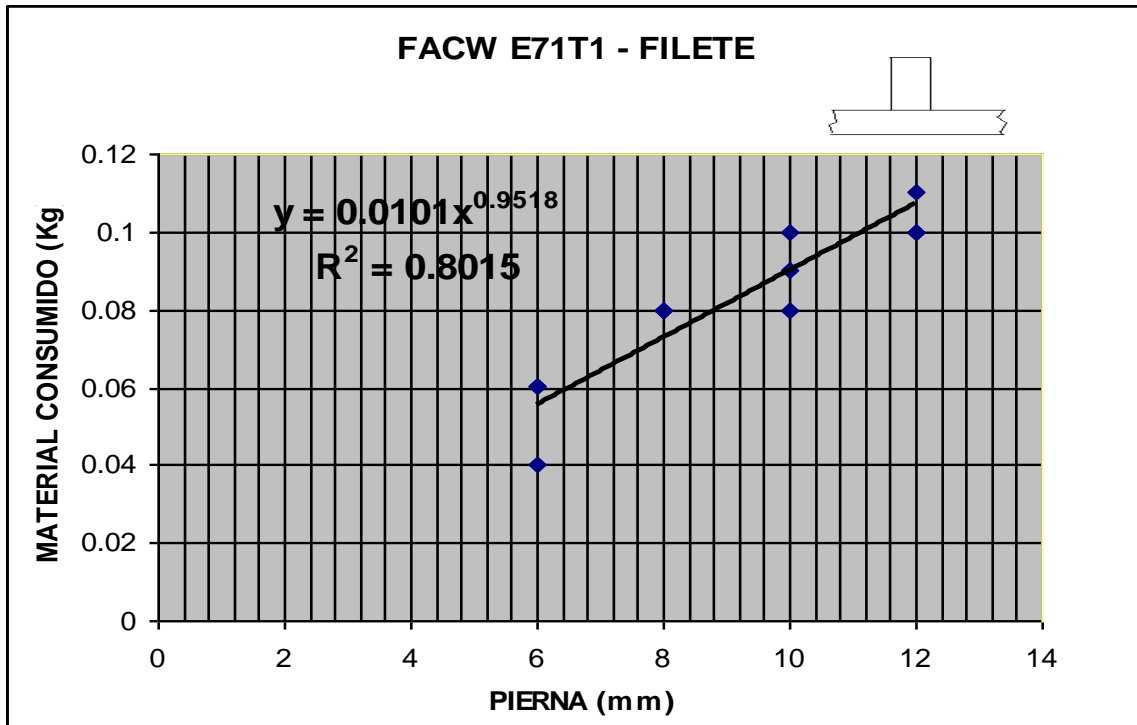
Gráfica 6.45 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.46 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-05



Gráfica 6.47 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-06

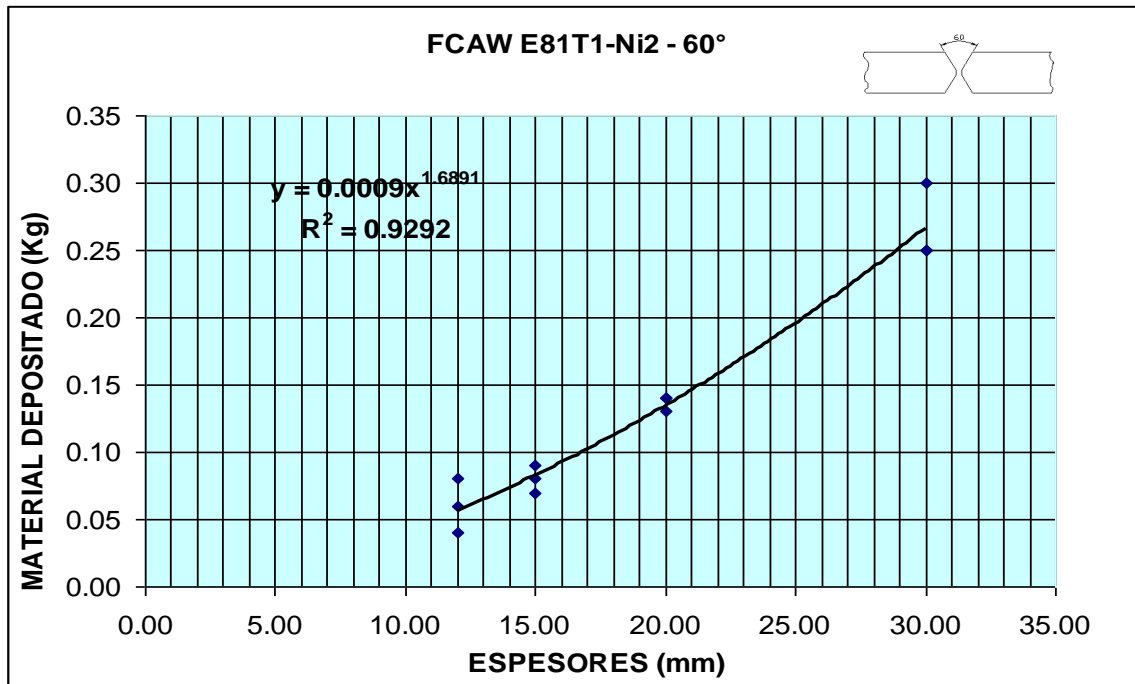


Gráfica 6.48 Curva de material consumido E71T-1 de la junta FMSB-DI-WPS-07

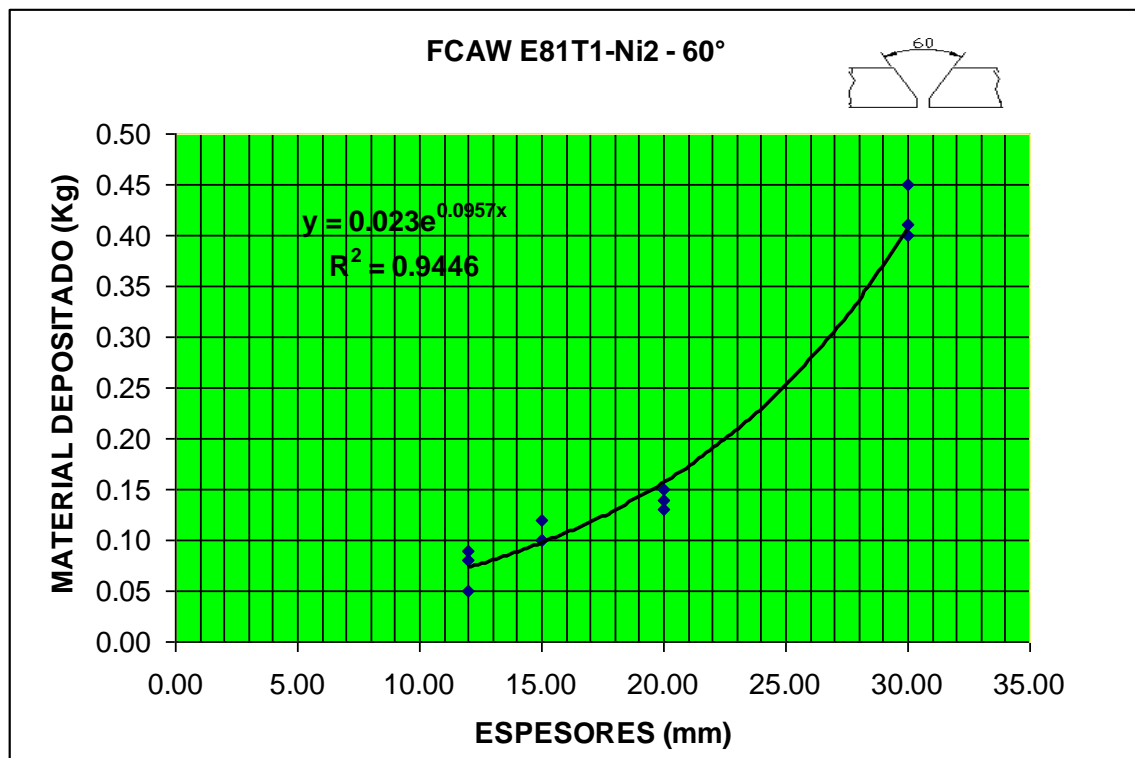
6.1.2.4. Proceso FCAW electrodo E81T1-Ni2

Tabla 6.8 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de material depositado E81T1-Ni2

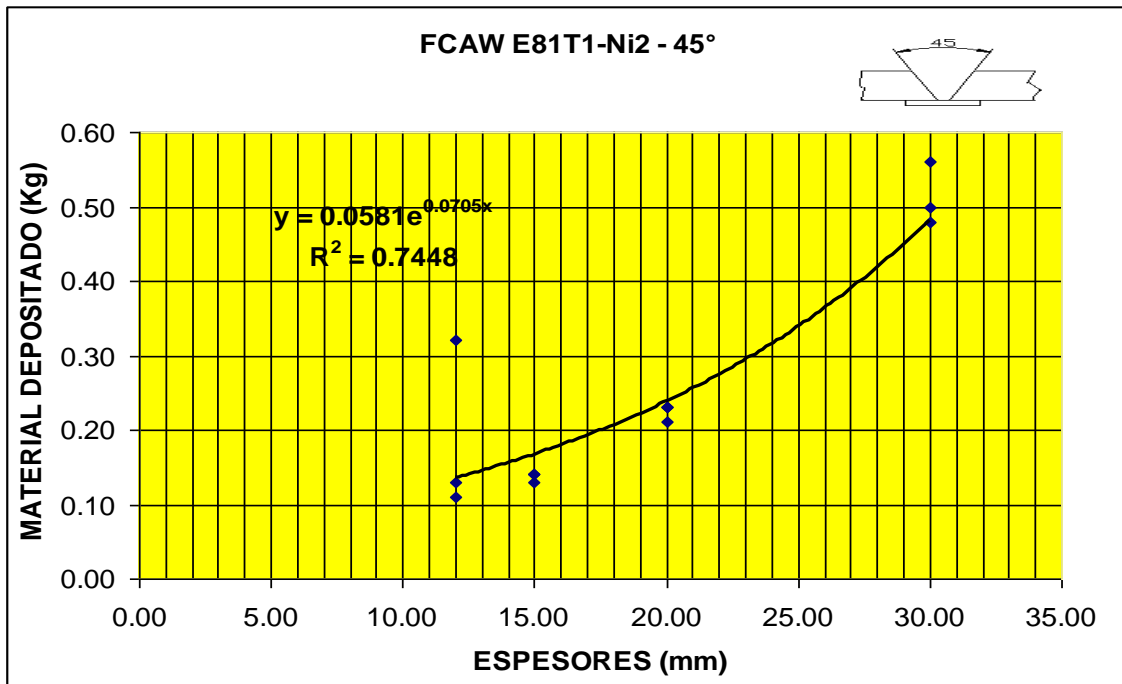
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.	Espesor	Mat. Dep.
12,00	0,08	12,00	0,09	12,00	0,32	12,00	0,09	12,00	0,10	12,00	0,06	7,00	0,01
12,00	0,04	12,00	0,08	12,00	0,13	12,00	0,11	12,00	0,12	12,00	0,07	7,00	0,08
12,00	0,06	12,00	0,05	12,00	0,11	12,00	0,11	12,00	0,09	12,00	0,06	7,00	0,04
15,00	0,09	15,00	0,12	15,00	0,13	15,00	0,14	15,00	0,13	15,00	0,07	12,00	0,13
15,00	0,07	15,00	0,10	15,00	0,14	15,00	0,13	15,00	0,14	15,00	0,09	12,00	0,10
15,00	0,08	15,00	0,10	15,00	0,14	15,00	0,11	15,00	0,15	15,00	0,08	12,00	0,10
20,00	0,14	20,00	0,13	20,00	0,21	20,00	0,17	20,00	0,20	20,00	0,12	10,00	0,11
20,00	0,14	20,00	0,14	20,00	0,23	20,00	0,19	20,00	0,21	20,00	0,12	10,00	0,10
20,00	0,13	20,00	0,15	20,00	0,23	20,00	0,16	20,00	0,22	20,00	0,12	10,00	0,10
30,00	0,25	30,00	0,40	30,00	0,56	30,00	0,37	30,00	0,53	30,00	0,16	12,00	0,10
30,00	0,30	30,00	0,45	30,00	0,48	30,00	0,40	30,00	0,49	30,00	0,24	12,00	0,11
30,00	0,25	30,00	0,41	30,00	0,50	30,00	0,33	30,00	0,49	30,00	0,20	12,00	0,12



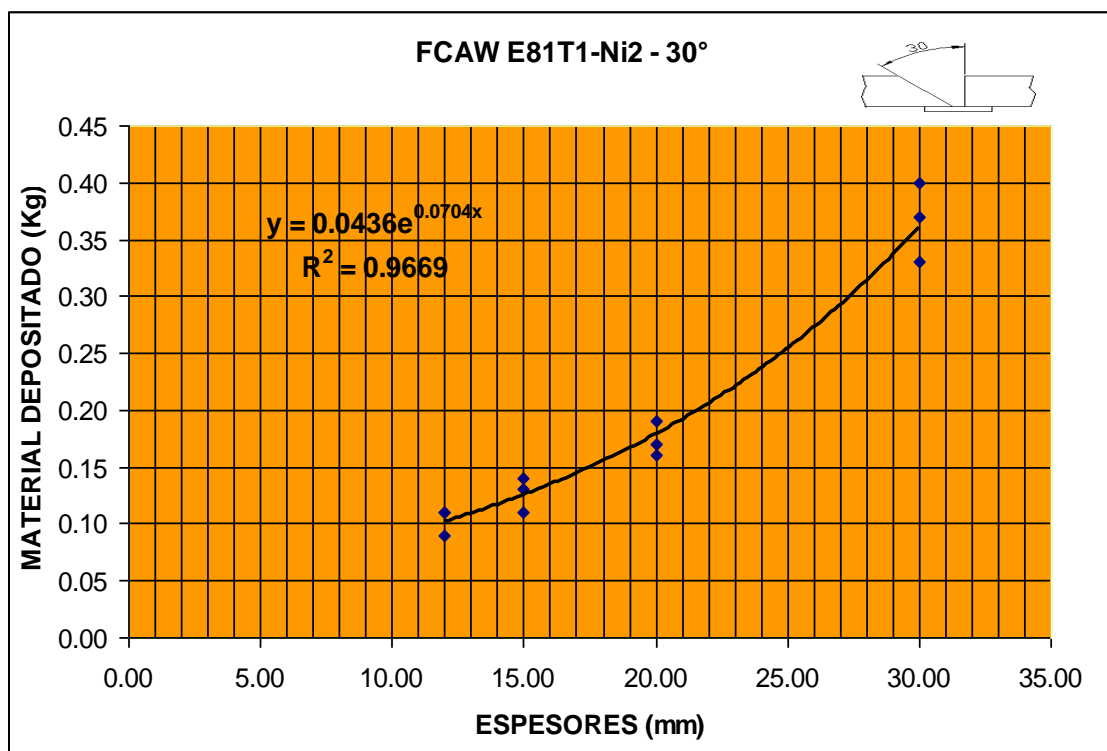
Gráfica 6.49 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-01



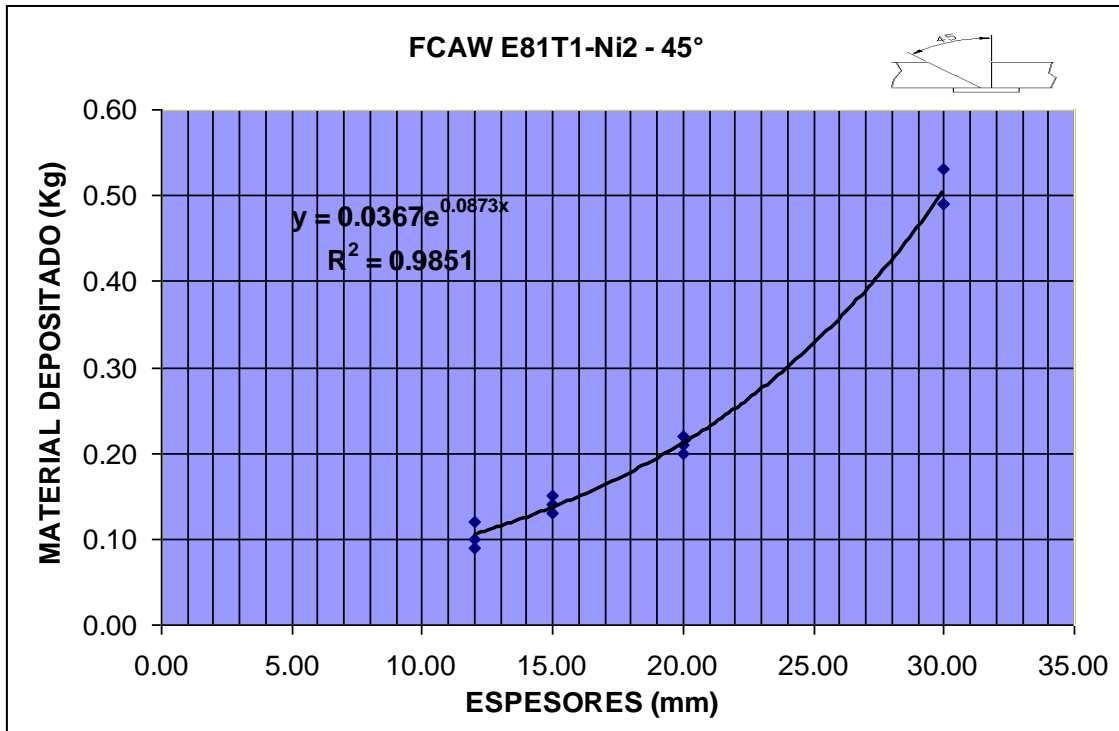
Gráfica 6.50 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-02



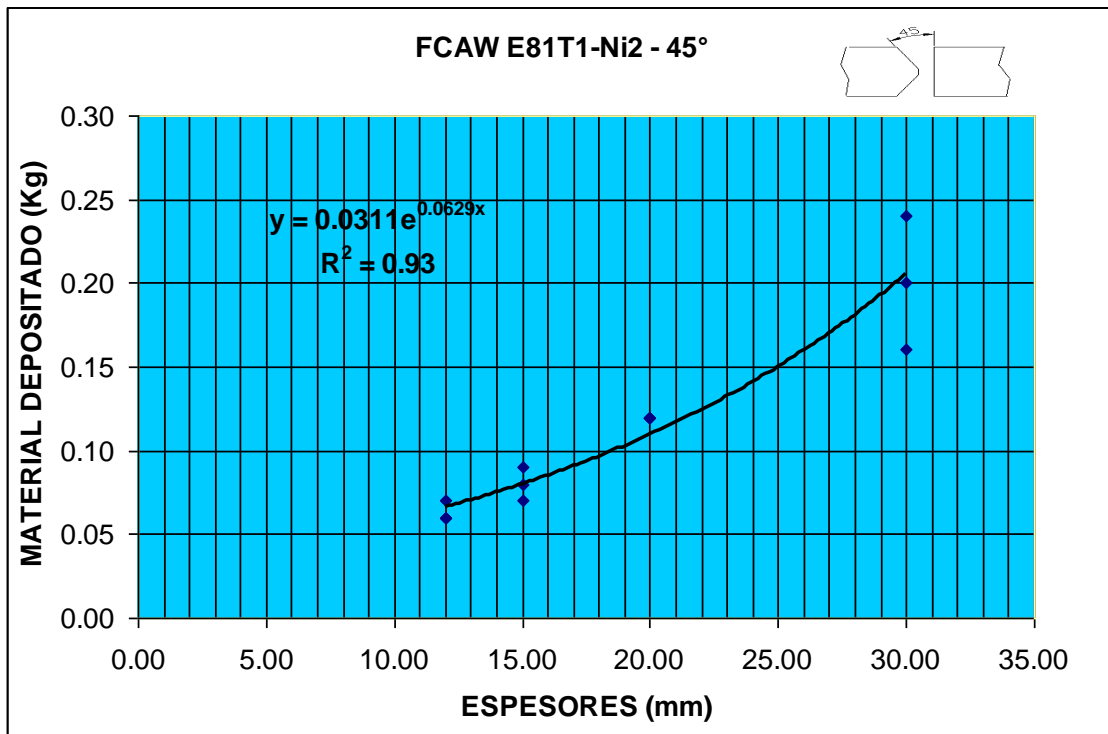
Gráfica 6.51 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-03



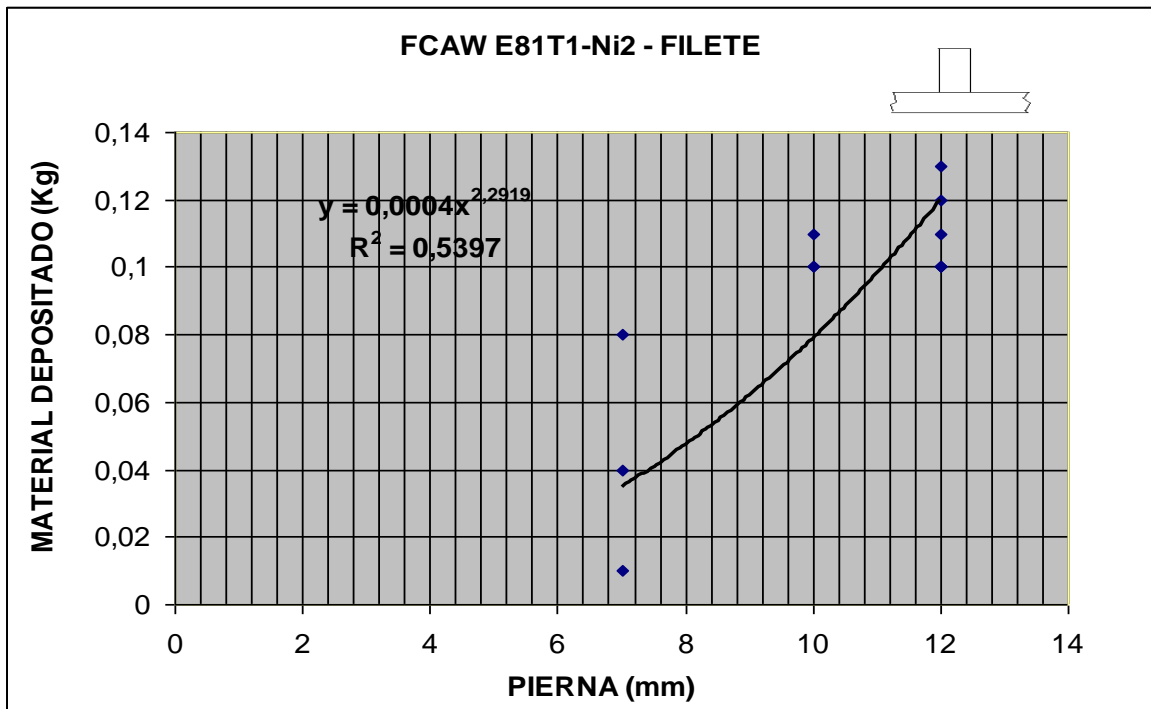
Gráfica 6.52 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.53 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-05



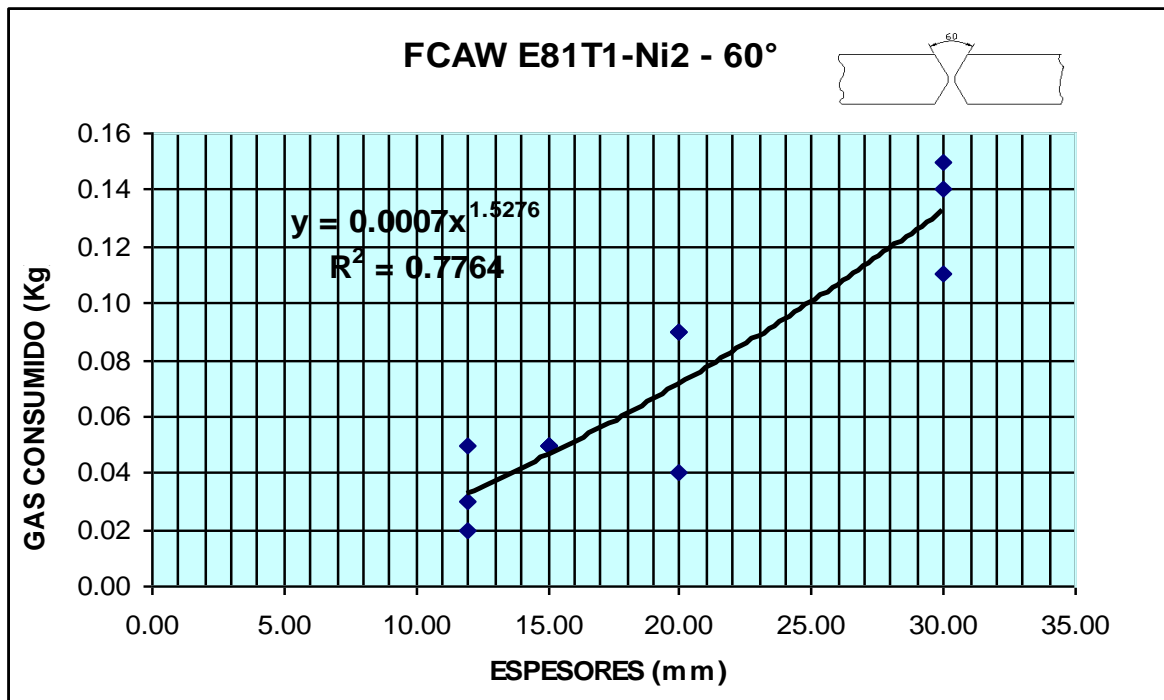
Gráfica 6.54 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-06



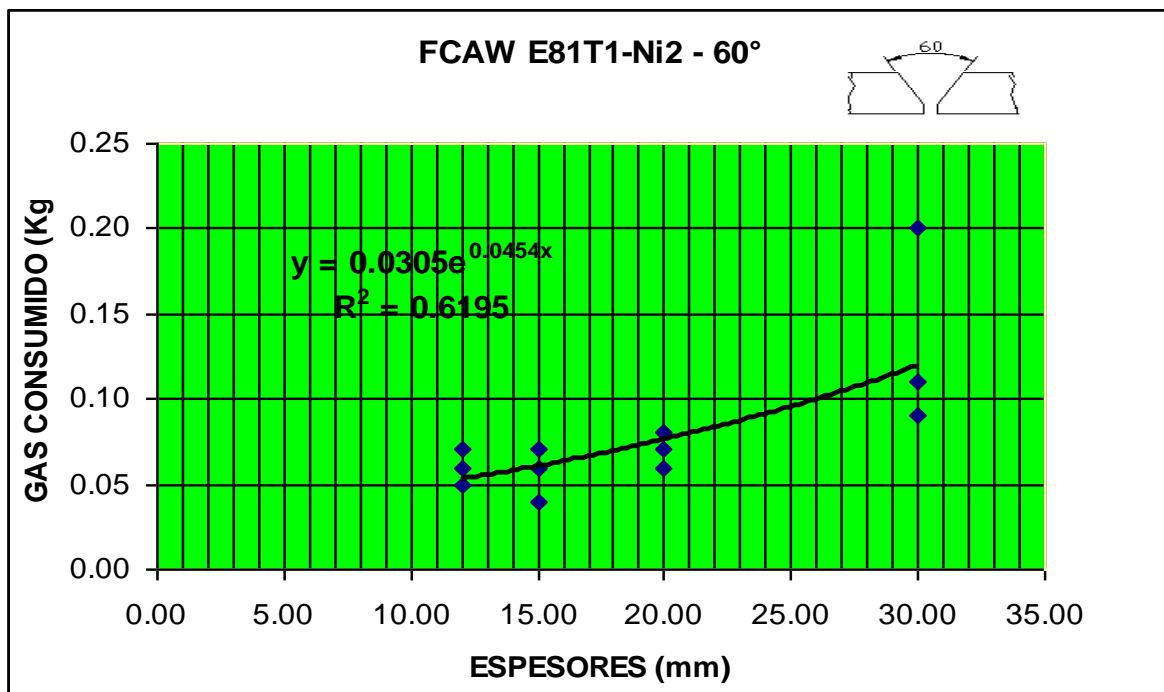
Gráfica 6.55 Curva de consumo de material depositado E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.9 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de consumo de gas de protección

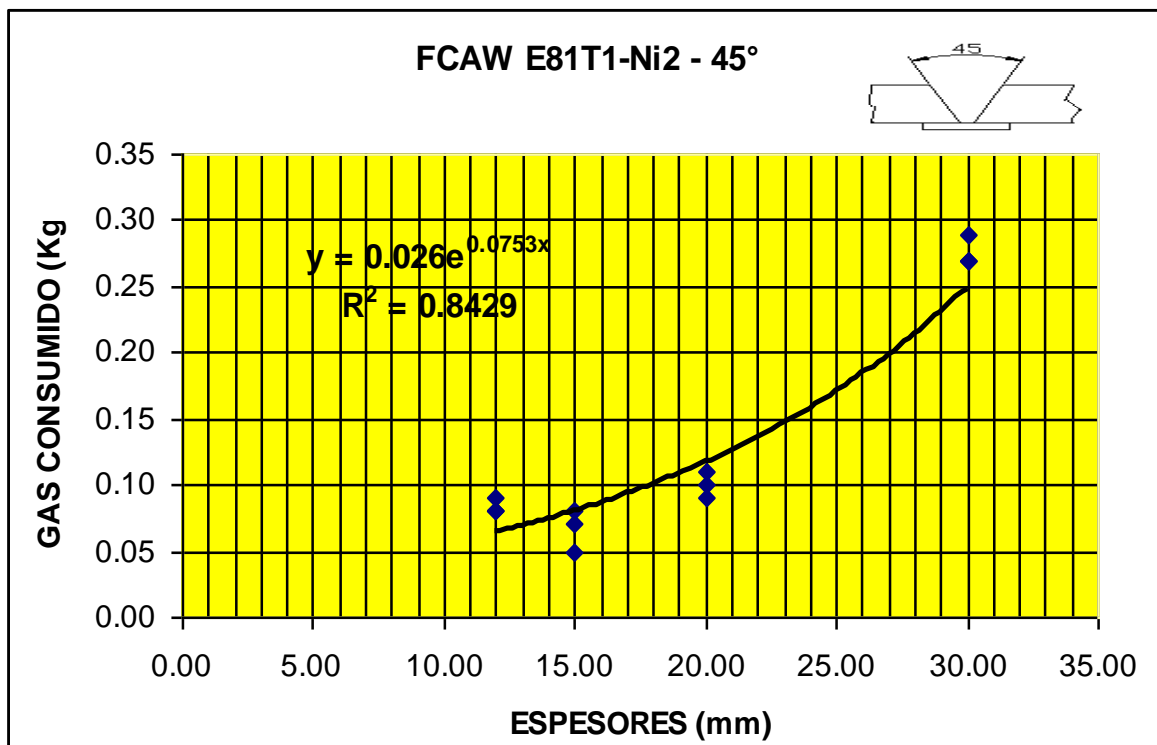
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas	Espesor	Cant gas
12,00	0,05	12,00	0,07	12,00	0,09	12,00	0,05	12,00	0,05	12,00	0,02	7,00	0,04
12,00	0,03	12,00	0,06	12,00	0,08	12,00	0,03	12,00	0,07	12,00	0,02	7,00	0,01
12,00	0,02	12,00	0,05	12,00	0,08	12,00	0,14	12,00	0,09	12,00	0,01	7,00	0,06
15,00	0,05	15,00	0,07	15,00	0,05	15,00	0,09	15,00	0,07	15,00	0,04	12,00	0,04
15,00	0,05	15,00	0,04	15,00	0,08	15,00	0,06	15,00	0,06	15,00	0,05	12,00	0,04
15,00	0,05	15,00	0,06	15,00	0,07	15,00	0,07	15,00	0,07	15,00	0,04	12,00	0,08
20,00	0,04	20,00	0,06	20,00	0,09	20,00	0,10	20,00	0,11	20,00	0,08	10,00	0,06
20,00	0,09	20,00	0,07	20,00	0,11	20,00	0,10	20,00	0,12	20,00	0,07	10,00	0,07
20,00	0,09	20,00	0,08	20,00	0,10	20,00	0,08	20,00	0,09	20,00	0,07	10,00	0,10
30,00	0,07	30,00	0,11	30,00	0,27	30,00	0,17	30,00	0,30	30,00	0,09	12,00	0,02
30,00	0,11	30,00	0,20	30,00	0,27	30,00	0,09	30,00	0,31	30,00	0,08	12,00	0,03
30,00	0,15	30,00	0,09	30,00	0,29	30,00	0,19	30,00	0,40	30,00	0,08	12,00	0,09



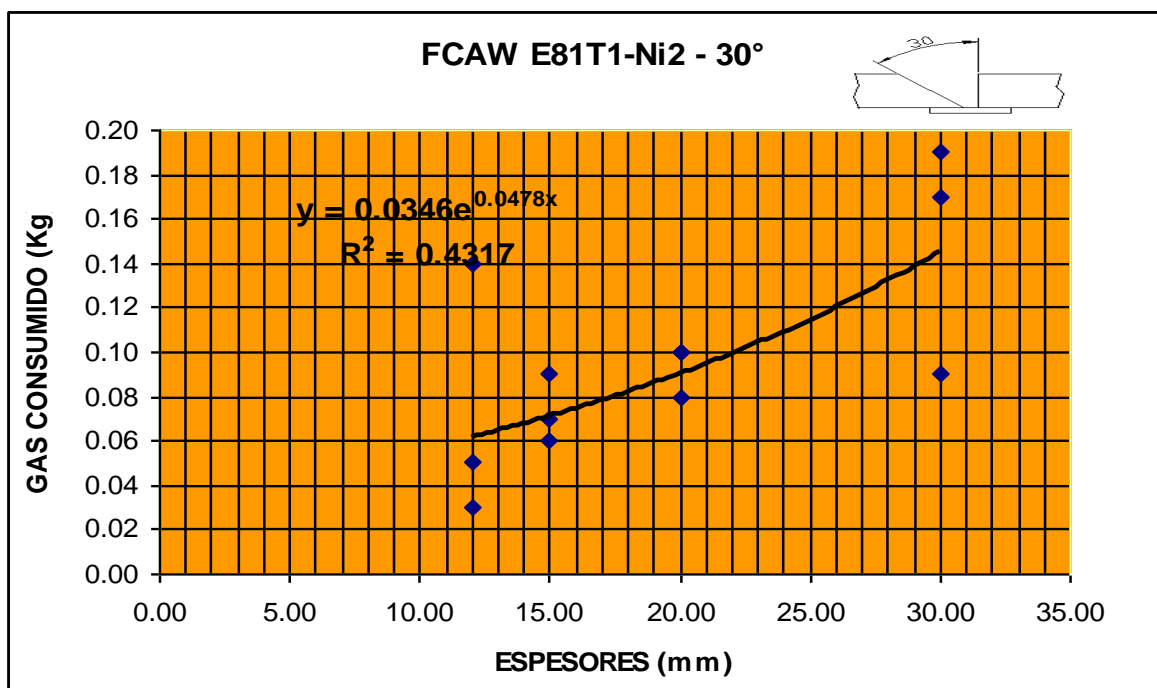
Gráfica 6.56 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-01



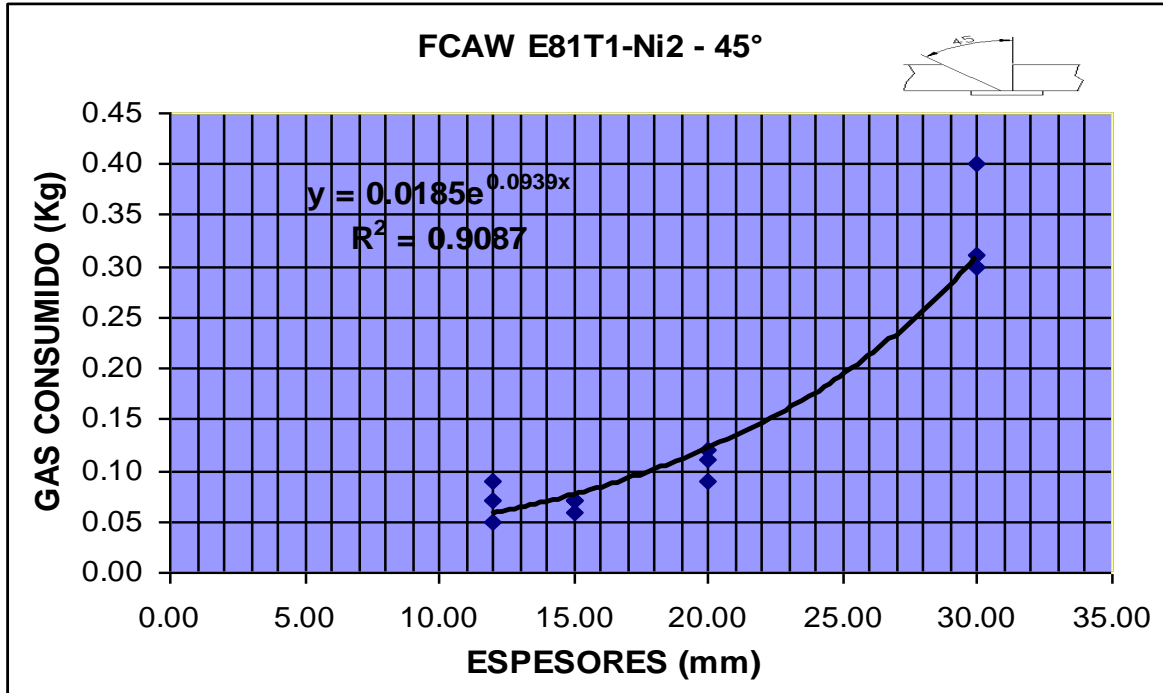
Gráfica 6.57 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-02



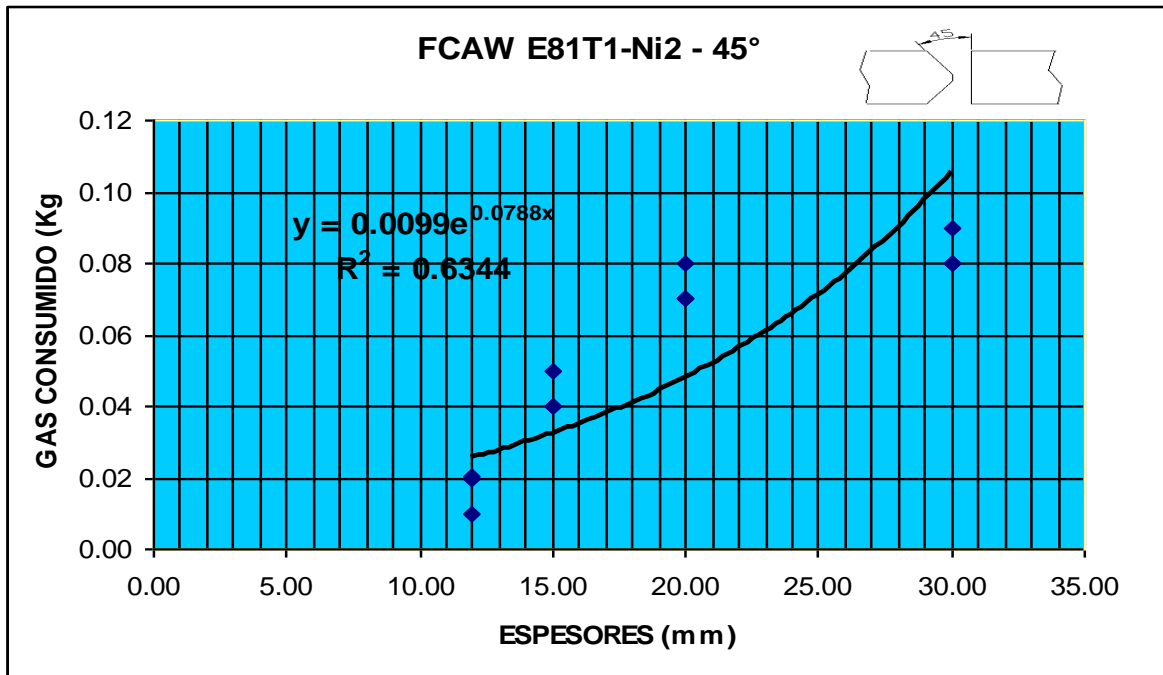
Gráfica 6.58 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-03



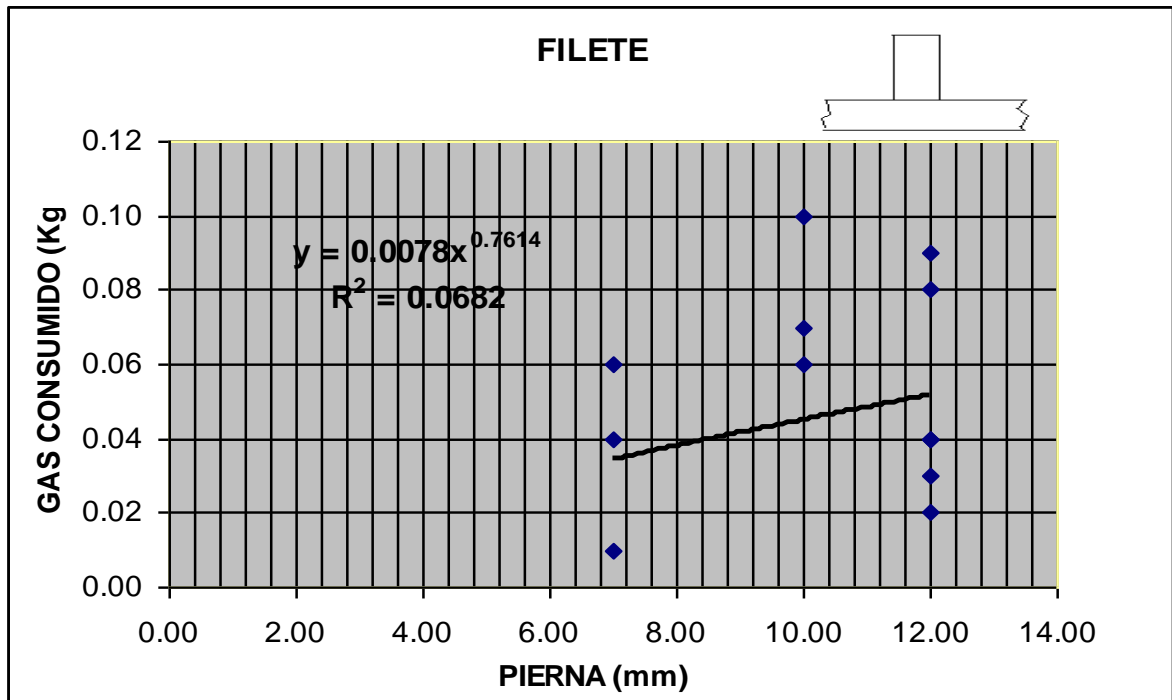
Gráfica 6.59 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.60 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-05



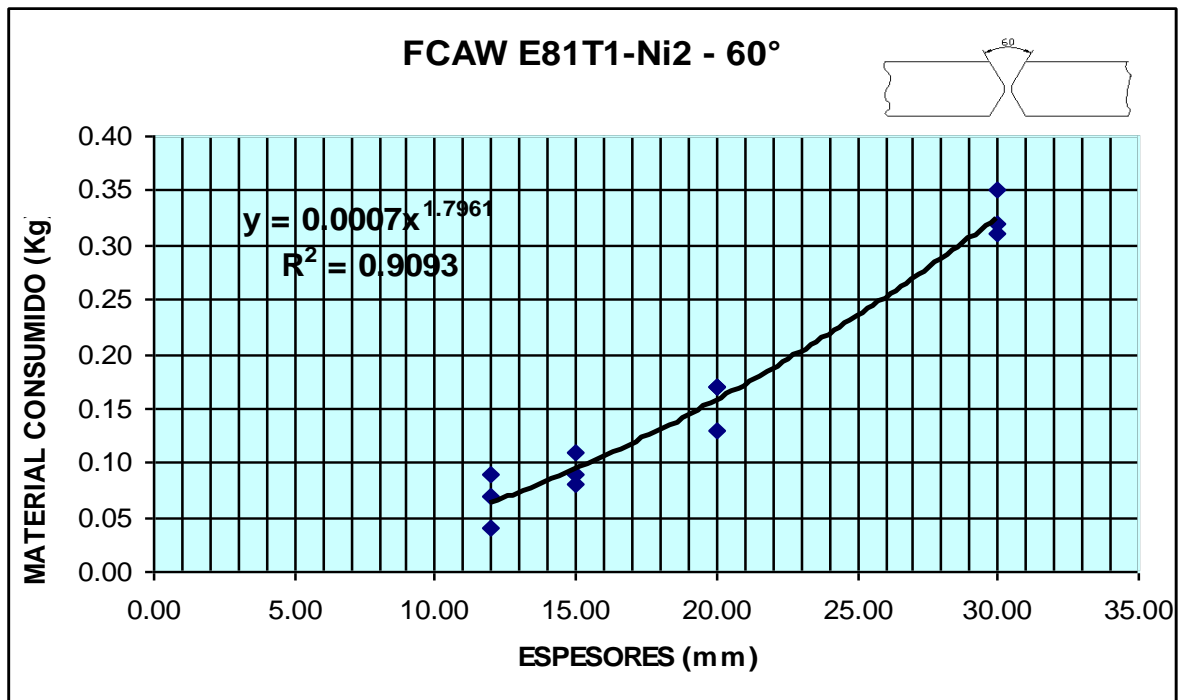
Gráfica 6.61 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-06



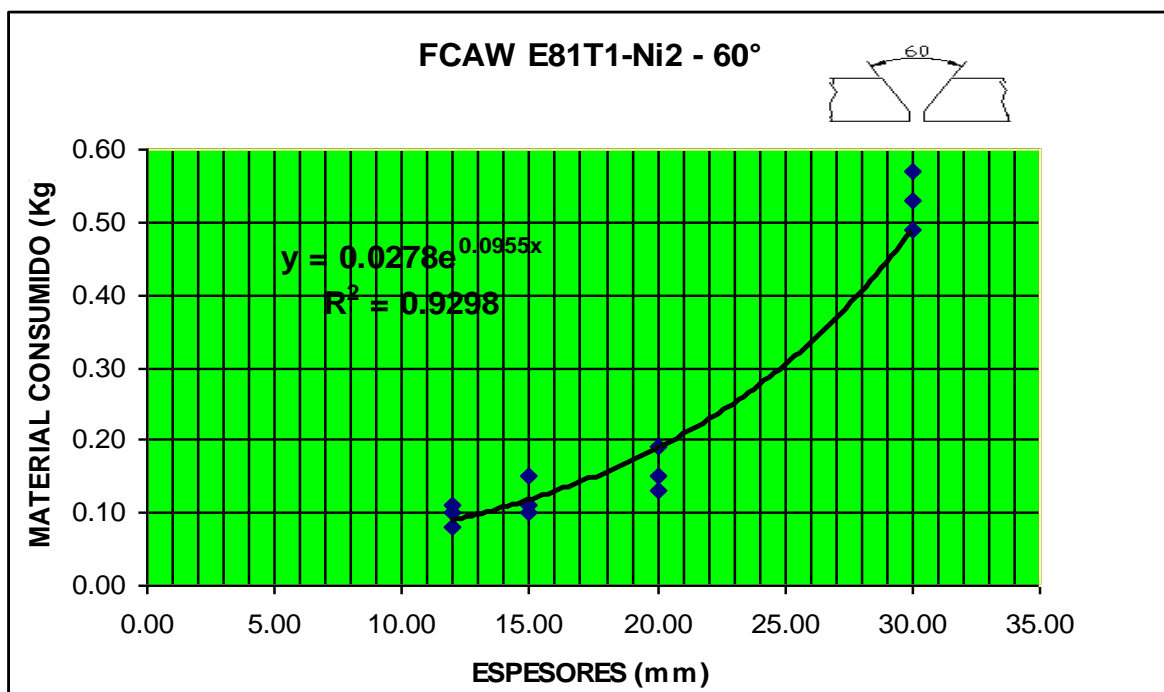
Gráfica 6.62 Curva de consumo de gas de protección de la junta FMSB-DI-WPS-07

Tabla 6.10 Tabla de recopilación de datos de todas las juntas con todos los espesores de los ensayos de material consumido E81T1-Ni2

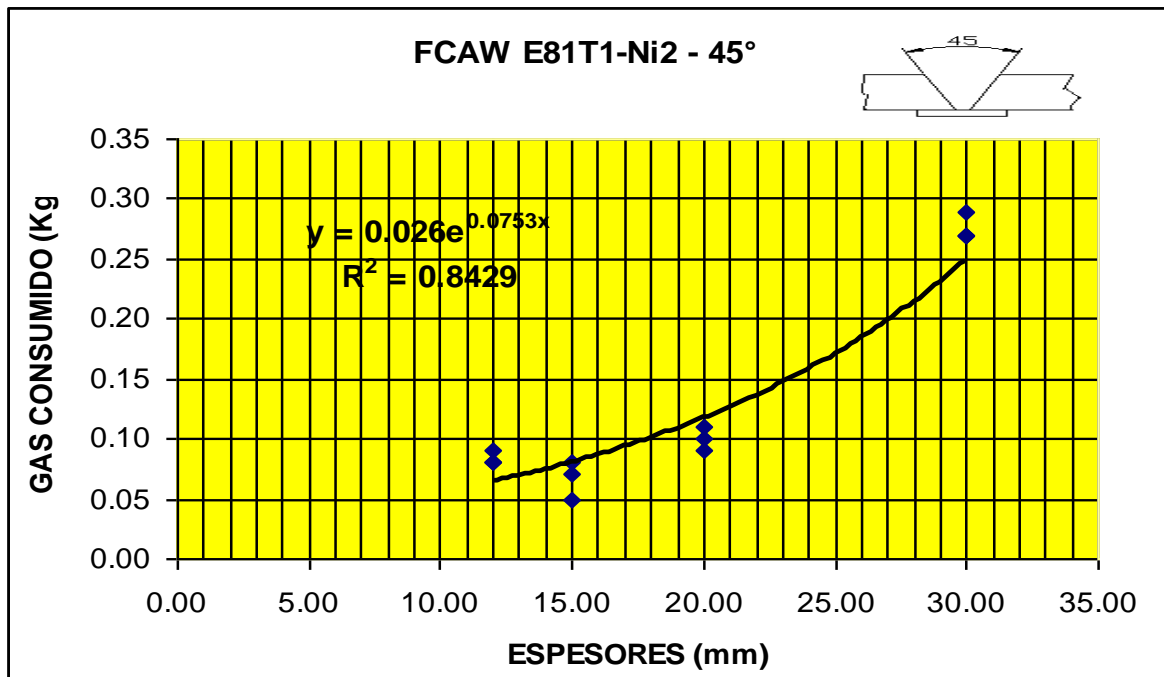
X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.	Espesor	Mat. Con.
12,00	0,09	12,00	0,11	12,00	0,13	12,00	0,11	12,00	0,10	12,00	0,07	7,00	0,08
12,00	0,04	12,00	0,08	12,00	0,15	12,00	0,11	12,00	0,14	12,00	0,08	7,00	0,04
12,00	0,07	12,00	0,10	12,00	0,14	12,00	0,13	12,00	0,11	12,00	0,06	7,00	0,05
15,00	0,11	15,00	0,15	15,00	0,19	15,00	0,16	15,00	0,14	15,00	0,10	12,00	0,16
15,00	0,08	15,00	0,11	15,00	0,16	15,00	0,16	15,00	0,17	15,00	0,08	12,00	0,18
15,00	0,09	15,00	0,10	15,00	0,17	15,00	0,12	15,00	0,16	15,00	0,09	12,00	0,04
20,00	0,17	20,00	0,13	20,00	0,23	20,00	0,22	20,00	0,24	20,00	0,13	10,00	0,15
20,00	0,13	20,00	0,19	20,00	0,27	20,00	0,17	20,00	0,22	20,00	0,15	10,00	0,14
20,00	0,17	20,00	0,15	20,00	0,26	20,00	0,20	20,00	0,25	20,00	0,13	10,00	0,11
30,00	0,32	30,00	0,53	30,00	0,64	30,00	0,33	30,00	0,65	30,00	0,17	12,00	0,13
30,00	0,31	30,00	0,49	30,00	0,59	30,00	0,45	30,00	0,55	30,00	0,20	12,00	0,14
30,00	0,35	30,00	0,57	30,00	0,54	30,00	0,40	30,00	0,56	30,00	0,21	12,00	0,13



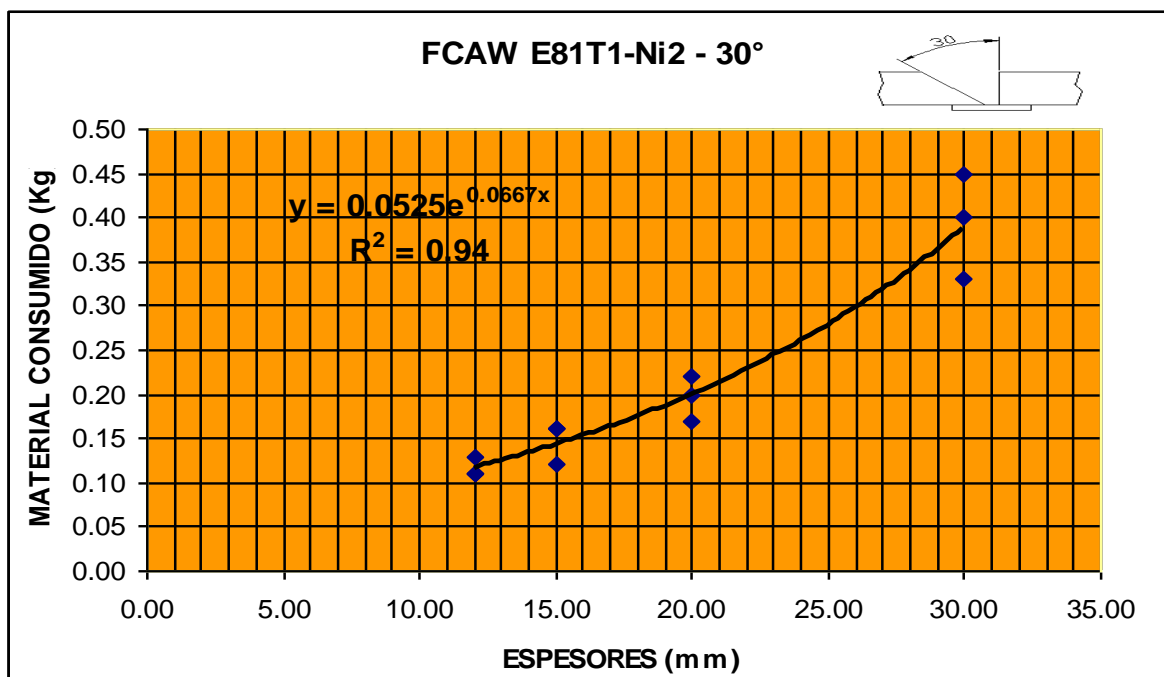
Gráfica 6.63 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-01



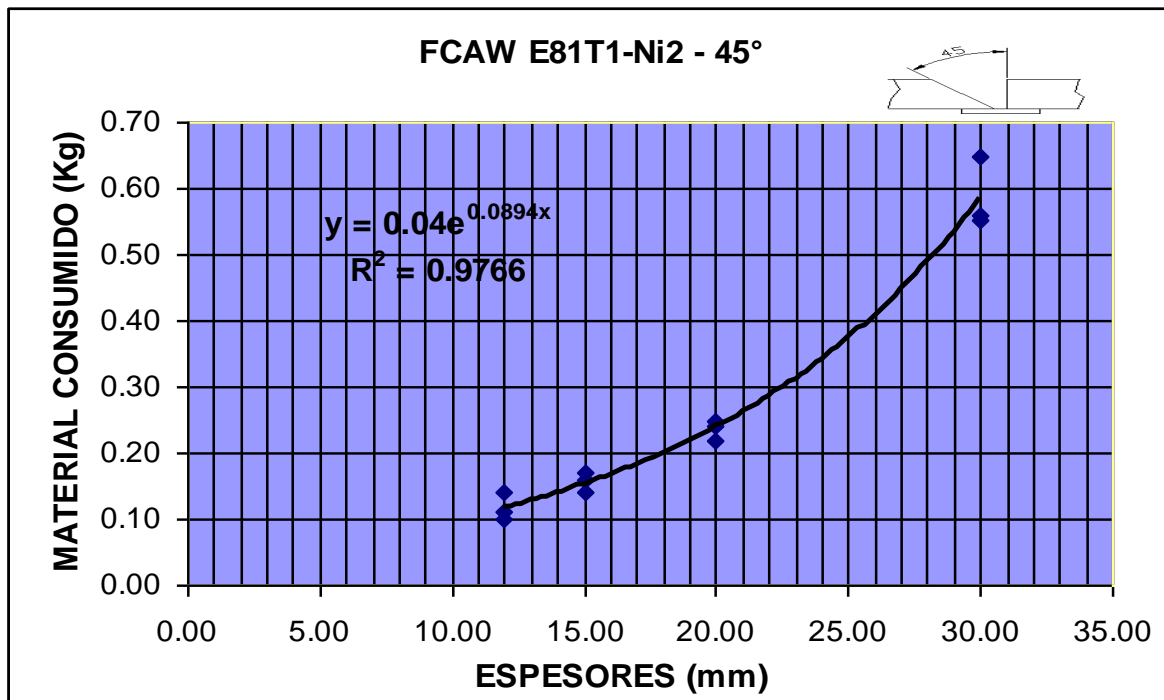
Gráfica 6.64 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-02



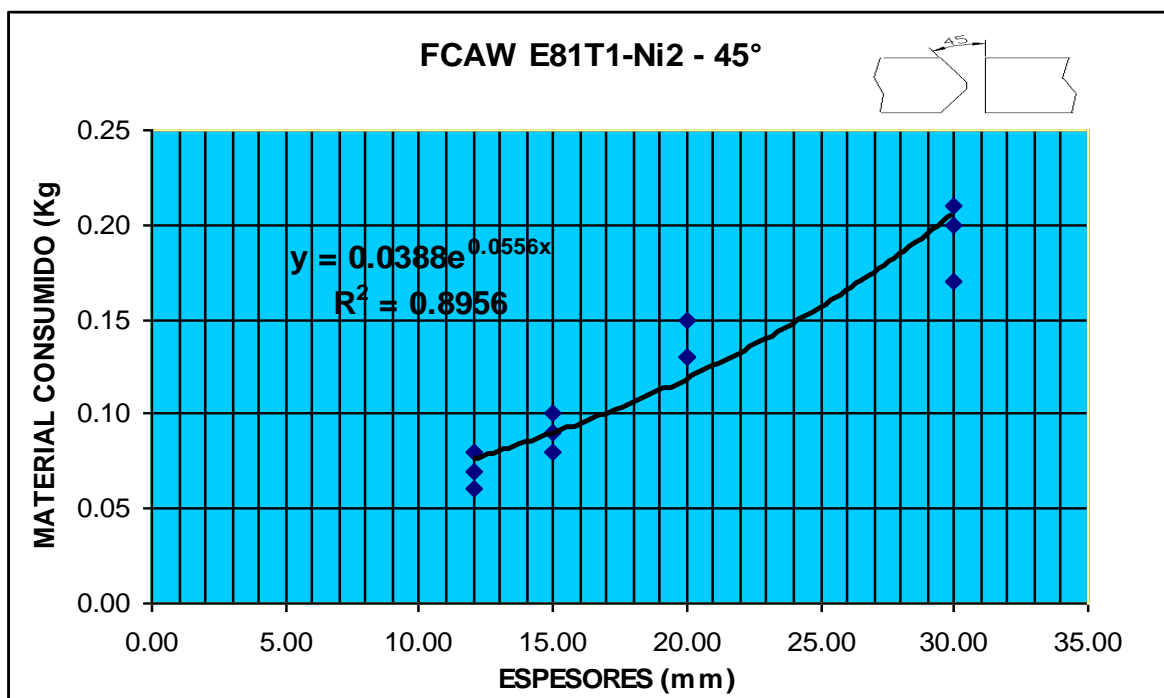
Gráfica 6.65 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-03



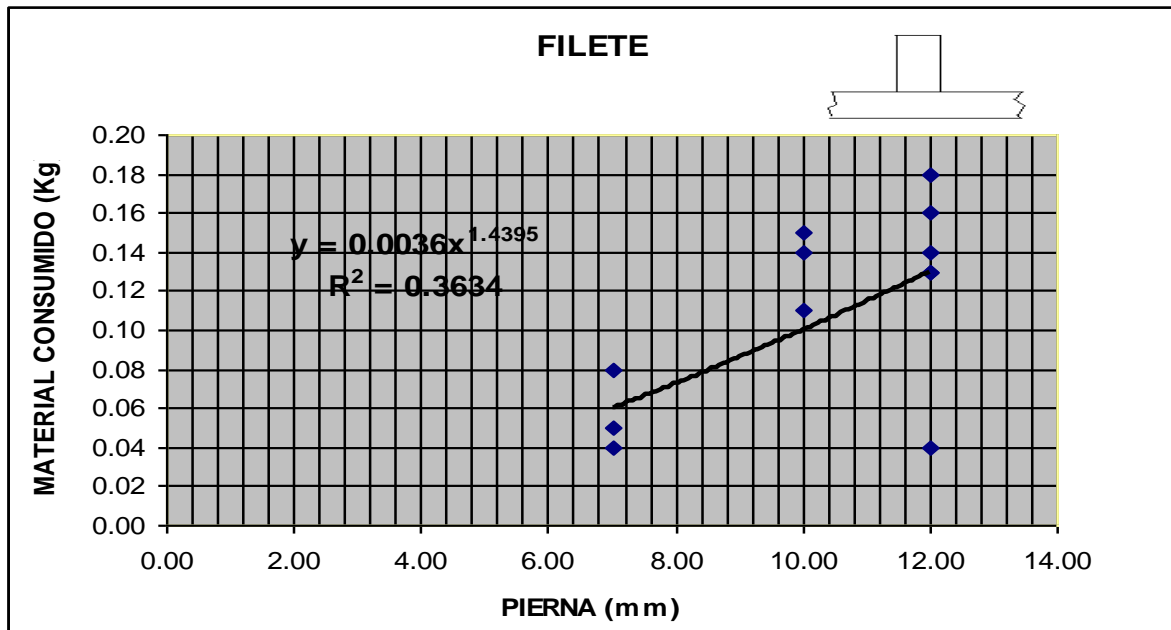
Gráfica 6.66 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-04



Gráfica 6.67 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-05



Gráfica 6.68 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-06



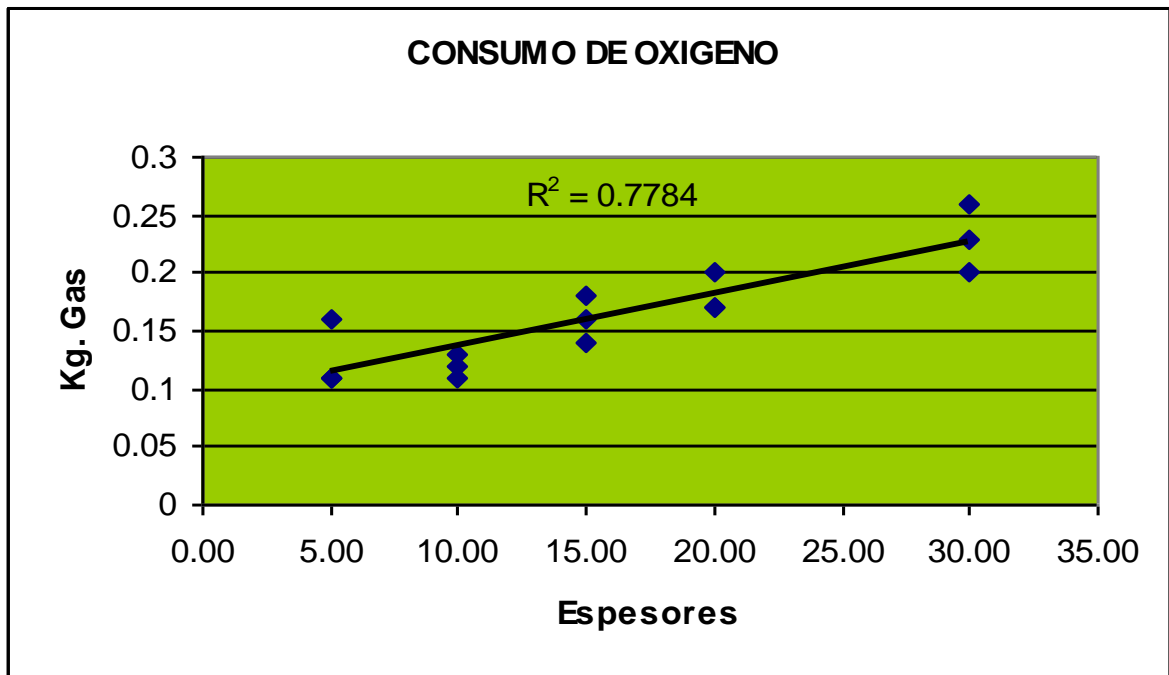
Gráfica 6.69 Curva de material consumido E81T1-Ni2 de la junta FMSB-DI-WPS-07

6.1.3. OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE CORTE

6.1.3.1. Curvas de Oxígeno

Tabla 6.11 Tabla de recopilación de datos de oxígeno de todos los espesores de los ensayos de corte

OXIGENO	
5.00	0.11
5.00	0.16
5.00	0.11
10.00	0.12
10.00	0.11
10.00	0.13
15.00	0.16
15.00	0.14
15.00	0.18
20.00	0.17
20.00	0.17
20.00	0.20
30.00	0.26
30.00	0.20
30.00	0.23

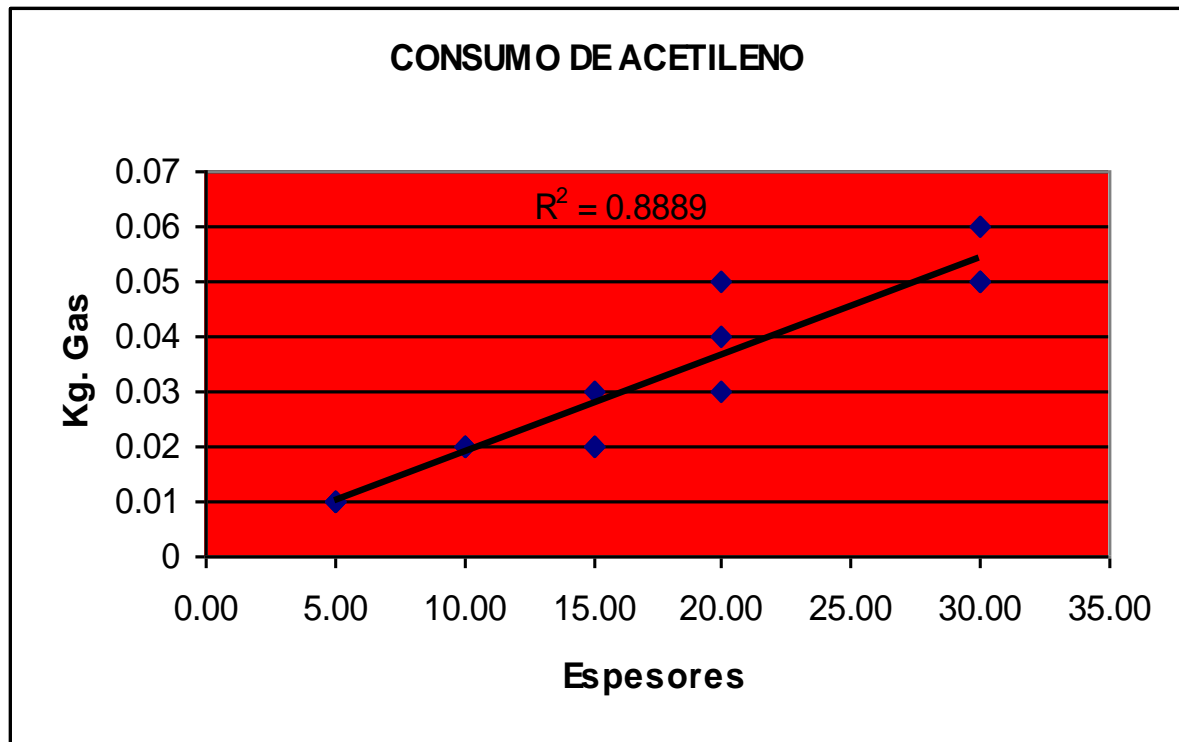


Gráfica 6.70 Curva de oxígeno consumido en los ensayos de corte

6.1.3.2. Curvas de Acetileno

Tabla 6.12 Tabla de recopilación de datos de acetileno de todos los espesores de los ensayos de corte

ACETILENO	
5.00	0.01
5.00	0.01
5.00	0.01
10.00	0.02
10.00	0.02
10.00	0.02
15.00	0.03
15.00	0.02
15.00	0.02
20.00	0.03
20.00	0.04
20.00	0.05
30.00	0.05
30.00	0.06
30.00	0.05



Gráfica 6.71 Curva de acetileno consumido en los ensayos de corte

6.2. ANÁLISIS DE CURVAS DE CONSUMO

6.2.1. PROCESO SMAW E7018.

Dividiremos como es de conocimiento de todos el valor en Kg. del material consumido para el valor en Kg. de electrodos, dando como resultado la eficiencia **n** de cada espesor en cada junta, con esta eficiencia se sacará un promedio, para finalmente obtener la eficiencia de todo el proceso **n**.

Tabla 6.13 Tabla de recopilación de datos del número y peso de electrodos E7018 en los ensayos de soldadura

X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
#elect	Kg elec	#elect	Kg elec	#elect	Kg elec	#elect	Kg elec	#elect	Kg elec	#elect	Kg elec	#elect	Kg elec
2,00	0,08	3,00	0,12	5,00	0,20	4,00	0,16	4,00	0,16	2,00	0,08	2,00	0,08
2,00	0,08	3,00	0,12	5,00	0,20	4,00	0,16	5,00	0,20	2,00	0,08	2,00	0,08
2,00	0,08	3,00	0,12	5,00	0,20	4,00	0,16	5,00	0,20	2,00	0,08	2,00	0,08
4,00	0,16	5,00	0,20	6,00	0,24	5,00	0,20	5,00	0,20	3,00	0,12	2,00	0,08
4,00	0,16	5,00	0,20	6,00	0,24	5,00	0,20	5,00	0,20	4,00	0,16	2,00	0,08
4,00	0,16	4,00	0,16	6,00	0,24	5,00	0,20	5,00	0,20	3,00	0,12	2,00	0,08
6,00	0,24	8,00	0,32	11,00	0,44	7,00	0,28	7,00	0,28	5,00	0,20	6,00	0,24
6,00	0,24	7,00	0,28	11,00	0,44	8,00	0,32	10,00	0,40	4,00	0,16	6,00	0,24
6,00	0,24	7,00	0,28	10,00	0,40	8,00	0,32	8,00	0,32	4,00	0,16	6,00	0,24
11,00	0,44	21,00	0,84	25,00	1,00	14,00	0,56	19,00	0,76	9,00	0,36	8,00	0,32
11,00	0,44	19,00	0,76	25,00	1,00	14,00	0,56	15,00	0,60	10,00	0,40	8,00	0,32
10,00	0,40	22,00	0,88	23,00	0,92	16,00	0,64	17,00	0,68	9,00	0,36	8,00	0,32

Tabla 6.14 Tabla de eficiencias del peso de electrodos E7018 consumidos y depositados en los ensayos de soldadura

	X 60°	Y 60°	V 45°	√ 30°	√ 45°	K 45°	Filete
	n	n	n	n	n	n	n
	0.50	0.58	0.50	0.69	0.69	0.75	0.75
	0.63	0.58	0.50	0.56	0.55	0.63	0.50
	0.63	0.58	0.55	0.63	0.45	0.63	0.62
	0.56	0.60	0.37	0.60	0.60	0.33	0.62
	0.63	0.55	0.67	0.60	0.70	0.69	0.50
	0.56	0.56	0.50	0.40	0.55	0.50	0.50
	0.38	0.44	0.57	0.50	0.79	0.55	0.67
	0.63	0.54	0.55	0.66	0.53	0.50	0.50
	0.58	0.43	0.55	0.50	0.41	0.69	0.50
	0.52	0.60	0.59	0.55	0.57	0.50	0.41
	0.55	0.57	0.55	0.55	0.67	0.60	0.53
	0.50	0.56	0.59	0.55	0.59	0.56	0.53
n parciales	0.55	0.55	0.54	0.57	0.59	0.58	0.55
n Total							0.56

La eficiencia que tiene el electrodo E 7018 en el proceso SMAW es del 56 %.

6.2.2. PROCESO GMAW ER70S-6.

Dividiremos como es de conocimiento de todos el valor en Kg. del material consumido para el valor en Kg. de electrodos, dando como resultado la eficiencia **n** de cada espesor en cada junta, con esta eficiencia se sacará un **promedio**, para finalmente obtener la eficiencia de todo el proceso **n**.

Tabla 6.15 Tabla de recopilación de datos del peso del material depositado y consumido del electrodo ER70S-6 en los ensayos de soldadura

X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.
0,07	0,07	0,07	0,06	0,12	0,13	0,11	0,15	0,12	0,16	0,08	0,13	0,06	0,10
0,07	0,02	0,10	0,10	0,13	0,14	0,14	0,12	0,14	0,15	0,08	0,03	0,08	0,08
0,07	0,06	0,06	0,07	0,12	0,12	0,11	0,11	0,13	0,11	0,07	0,09	0,10	0,07
0,09	0,07	0,06	0,06	0,17	3,15	0,11	0,19	0,13	0,12	0,10	0,08	0,08	0,12
0,10	0,10	0,05	0,07	0,16	0,21	0,14	0,10	0,14	0,21	0,10	0,08	0,09	0,12
0,08	0,08	0,05	0,07	0,13	0,15	0,12	0,16	0,11	0,11	0,11	0,16	0,10	0,16
0,11	0,37	0,16	0,17	0,22	0,27	0,20	0,21	0,24	0,24	0,11	0,12	0,10	0,08
0,11	0,12	0,17	0,15	0,23	0,23	0,19	0,27	0,25	0,30	0,14	0,13	0,12	0,15
0,11	0,11	0,15	0,17	0,27	0,33	0,20	0,20	0,23	0,25	0,10	0,13	0,11	0,12
0,22	0,24	0,20	0,20	0,42	0,53	0,37	0,39	0,47	0,51	0,35	0,37	0,11	0,12
0,28	0,29	0,26	0,35	0,48	0,54	0,37	0,38	0,43	0,47	0,33	0,35	0,12	0,09
0,24	0,28	0,23	0,17	0,46	0,53	0,34	0,37	0,52	0,54	0,35	0,39	0,12	0,12

Tabla 6.16 Tabla de eficiencias del peso del electrodo ER70S-6 consumidos y depositados en los ensayos de soldadura

	X 60°	Y 60°	V 45°	√ 30°	√ 45°	K 45°	Filete
	n	n	n	n	n	n	n
	1.00	1.17	0.92	0.73	0.75	0.62	0.60
	3.50	1.00	0.93	1.17	0.93	2.67	1.00
	1.17	0.86	1.00	1.00	1.18	0.78	1.43
	1.29	1.00	0.05	0.58	1.08	1.25	0.67
	1.00	0.71	0.76	1.40	0.67	1.25	0.75
	1.00	0.71	0.87	0.75	1.00	0.69	0.62
	0.30	0.94	0.81	0.95	1.00	0.92	1.25
	0.92	1.13	1.00	0.70	0.83	1.08	0.80
	1.00	0.88	0.82	1.00	0.92	0.77	0.92
	0.92	1.00	0.79	0.95	0.92	0.95	0.92
	0.97	0.74	0.89	0.97	0.91	0.94	1.33
	0.86	1.35	0.87	0.92	0.96	0.90	1.00
n parciales	1.16	0.96	0.81	0.93	0.93	1.07	0.94
n Total							0.97

La eficiencia que tiene el electrodo ER70S-6 en el proceso GMAW es del 97 %.

6.2.3.PROCESO FCAW E71T-1.

Dividiremos como es de conocimiento de todos el valor en Kg. del material consumido para el valor en Kg. de electrodos, dando como resultado la eficiencia **n** de cada espesor en cada junta, con esta eficiencia se sacará un **promedio**, para finalmente obtener la eficiencia de todo el proceso **n**.

Tabla 6.17 Tabla de recopilación de datos del peso del material depositado y consumido del electrodo E71T-1 en los ensayos de soldadura

X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.
0,07	0,07	0,07	0,07	0,12	0,13	0,06	0,06	0,11	0,14	0,05	0,06	0,05	0,06
0,03	0,04	0,06	0,05	0,10	0,12	0,06	0,07	0,12	0,14	0,04	0,04	0,05	0,04
0,05	0,06	0,06	0,07	0,09	0,10	0,09	0,10	0,14	0,13	0,04	0,05	0,04	0,06
0,09	0,10	0,09	0,12	0,17	0,17	0,14	0,15	0,12	0,13	0,06	0,05	0,07	0,08
0,08	0,11	0,11	0,11	0,14	0,18	0,14	0,16	0,13	0,15	0,07	0,08	0,06	0,08
0,09	0,09	0,11	0,13	0,13	0,15	0,15	0,16	0,13	0,18	0,08	0,07	0,05	0,08
0,11	0,12	0,12	0,13	0,20	0,26	0,20	0,23	0,20	0,25	0,10	0,12	0,08	0,09
0,14	0,16	0,11	0,20	0,22	0,26	0,20	0,24	0,20	0,22	0,10	0,11	0,09	0,10
0,12	0,14	0,17	0,13	0,24	0,25	0,19	0,22	0,23	0,23	0,13	0,13	0,07	0,08
0,30	0,41	0,35	0,42	0,49	0,50	0,34	0,35	0,42	0,48	0,42	0,27	0,10	0,11
0,30	0,38	0,37	0,42	0,47	0,61	0,35	0,40	0,44	0,49	0,18	0,29	0,10	0,10
0,28	0,29	0,34	0,37	0,44	0,49	0,36	0,39	0,39	0,44	0,21	0,25	0,08	0,10

Tabla 6.18 Tabla de eficiencias del peso del electrodo E71T-1 consumidos y depositados en los ensayos de soldadura

	X 60°	Y 60°	V 45°	√ 30°	√ 45°	K 45°	Filete
	n	n	n	n	n	n	n
	1.00	1.00	0.92	1.00	0.79	0.83	0.83
	0.75	1.20	0.83	0.86	0.86	1.00	1.25
	0.83	0.86	0.90	0.90	1.08	0.80	0.67
	0.90	0.75	1.00	0.93	0.92	1.20	0.87
	0.73	1.00	0.78	0.88	0.87	0.87	0.75
	1.00	0.85	0.87	0.94	0.72	1.14	0.62
	0.92	0.92	0.77	0.87	0.80	0.83	0.89
	0.88	0.55	0.85	0.83	0.91	0.91	0.90
	0.86	1.31	0.96	0.86	1.00	1.00	0.88
	0.73	0.83	0.98	0.97	0.88	1.56	0.91
	0.79	0.88	0.77	0.88	0.90	0.62	1.00
	0.97	0.92	0.90	0.92	0.89	0.84	0.80
n parciales	0.86	0.92	0.88	0.90	0.88	0.97	0.86
n Total							0.90

La eficiencia que tiene el electrodo E71T-1 en el proceso GMAW es del 90 %.

6.2.4.PROCESO FCAW E81T1-Ni2.

Dividiremos como es de conocimiento de todos el valor en Kg. del material consumido para el valor en Kg. de electrodos, dando como resultado la eficiencia **n** de cada espesor en cada junta, con esta eficiencia se sacará un **promedio**, para finalmente obtener la eficiencia de todo el proceso **n**.

Tabla 6.19 Tabla de recopilación de datos del peso del material depositado y consumido del electrodo E81T1-Ni2 en los ensayos de soldadura

X 60°		Y 60°		V 45°		√ 30°		√ 45°		K 45°		Filete	
Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.	Mat. Dep	Mat. Con.
0,08	0,09	0,09	0,11	0,32	0,13	0,09	0,11	0,10	0,10	0,06	0,07	0,01	0,08
0,04	0,04	0,08	0,08	0,13	0,15	0,11	0,11	0,12	0,14	0,07	0,08	0,08	0,04
0,06	0,07	0,05	0,10	0,11	0,14	0,11	0,13	0,09	0,11	0,06	0,06	0,04	0,05
0,09	0,11	0,12	0,15	0,13	0,19	0,14	0,16	0,13	0,14	0,07	0,10	0,13	0,16
0,07	0,08	0,10	0,11	0,14	0,16	0,13	0,16	0,14	0,17	0,09	0,08	0,10	0,18
0,08	0,09	0,10	0,10	0,14	0,17	0,11	0,12	0,15	0,16	0,08	0,09	0,10	0,04
0,14	0,17	0,13	0,13	0,21	0,23	0,17	0,22	0,20	0,24	0,12	0,13	0,11	0,15
0,14	0,13	0,14	0,19	0,23	0,27	0,19	0,17	0,21	0,22	0,12	0,15	0,10	0,14
0,13	0,17	0,15	0,15	0,23	0,26	0,16	0,20	0,22	0,25	0,12	0,13	0,10	0,11
0,25	0,32	0,40	0,53	0,56	0,64	0,37	0,33	0,53	0,65	0,16	0,17	0,10	0,13
0,30	0,31	0,45	0,49	0,48	0,59	0,40	0,45	0,49	0,55	0,24	0,20	0,11	0,14
0,25	0,35	0,41	0,57	0,50	0,54	0,33	0,40	0,49	0,56	0,20	0,21	0,12	0,13

Tabla 6.20 Tabla de eficiencias del peso del electrodo E81T1-Ni2 consumidos y depositados en los ensayos de soldadura

	X 60°	Y 60°	V 45°	√ 30°	√ 45°	K 45°	Filete
	n	n	n	n	n	n	n
	0.89	0.82	2.46	0.82	1.00	0.86	0.12
	1.00	1.00	0.87	1.00	0.86	0.87	2.00
	0.86	0.50	0.79	0.85	0.82	1.00	0.80
	0.82	0.80	0.68	0.88	0.93	0.70	0.81
	0.88	0.91	0.88	0.81	0.82	1.13	0.56
	0.89	1.00	0.82	0.92	0.94	0.89	2.50
	0.82	1.00	0.91	0.77	0.83	0.92	0.73
	1.08	0.74	0.85	1.12	0.95	0.80	0.71
	0.76	1.00	0.88	0.80	0.88	0.92	0.91
	0.78	0.75	0.87	1.12	0.82	0.94	0.77
	0.97	0.92	0.81	0.89	0.89	1.20	0.79
	0.71	0.72	0.93	0.83	0.88	0.95	0.92
n parciales	0.87	0.85	0.98	0.90	0.88	0.93	0.97
n Total							0.91

La eficiencia que tiene el electrodo E81T1-Ni2 en el proceso FCAW es del 91 %.

6.2.5. EJEMPLOS DE CÁLCULO.

6.2.5.1. Pasos a seguir para obtener los kg. necesarios para soldar una determinada junta.

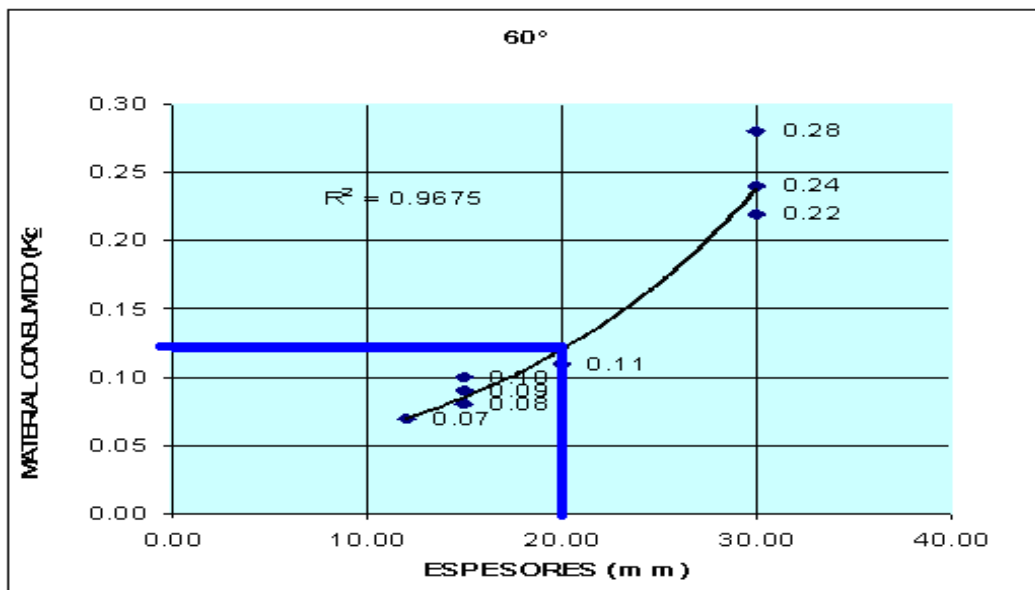
- Saber que proceso va a ser utilizado y el tipo de electrodo a utilizar.
- Debemos conocer el espesor del material base y el tipo de junta que vamos a soldar
- Encontrar la respectiva curva con los parámetros establecidos anteriormente.

- Con el espesor a soldar ubicarse en el eje de la abscisas para subir a la curva y encontrar en el eje de las ordenadas el valor en Kg. de material a consumir.
- Hallado este valor se deberá multiplicar por la eficiencia del electrodo respectivo para obtener el material necesario a comprar.

EJEMPLO1:

Proceso: SMAW
Electrodo: E7018
Espesor: 20 mm
Tipo de Junta: 60° V

- Curva



Gráfica 6.72 Curva material depositado en el proceso SMAW con electrodo E7018 de la junta en V de 60 grados en los ensayos de soldadura

Valor encontrado: 0.125

Es decir son 125 gr.

La eficiencia de este electrodo es **56 %**

Se multiplicarán los 125 gr. / **0.56** = **223.21 gr.**, este valor es por cada 100 mm.

Si se desea soldar 3 m

Entonces se multiplicará los 3000 mm que se requiere por los 223.31 gr. que se necesitan por cada 100 mm.

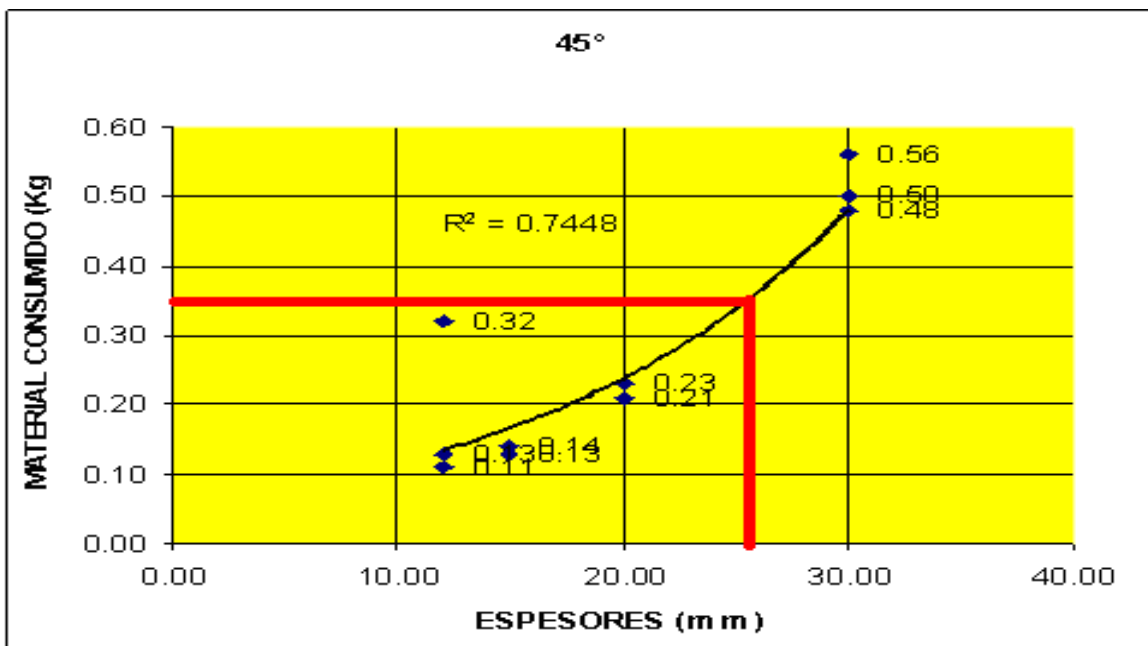
$$\begin{array}{rcl}
 223.21\text{gr} & \text{-----} & 100 \text{ mm} \\
 \times & \text{-----} & 3000 \text{ mm} \\
 \hline
 & & 223.21 \times 3000/100 = 6.69 \text{ Kg.}
 \end{array}$$

Para soldar 3 m de una junta 60° V con un espesor de 20 mm con electrodo E81T1-Ni2 se requieren 6.69 Kg. del mismo.

EJEMPLO2:

Proceso: FCAW
Electrodo: 81T1-Ni2
Espesor: 25 mm
Tipo de Junta: 45° V

- Curva



Gráfica 6.73 Curva material depositado en el proceso FCAW con electrodo E81T1-N de la junta en V de 45 grados en los ensayos de soldadura

Valor encontrado: 0.34

Es decir son 340 gr.

La eficiencia de este electrodo es **91 %**

Se multiplicarán los 340 gr. / **0.91** = **373.6 gr.**, este valor es por cada 100 mm.

Si se desea soldar 3 m

Entonces se multiplicará los 3000 mm que se requiere por los 373.6 gr. que se necesitan por cada 100 mm.

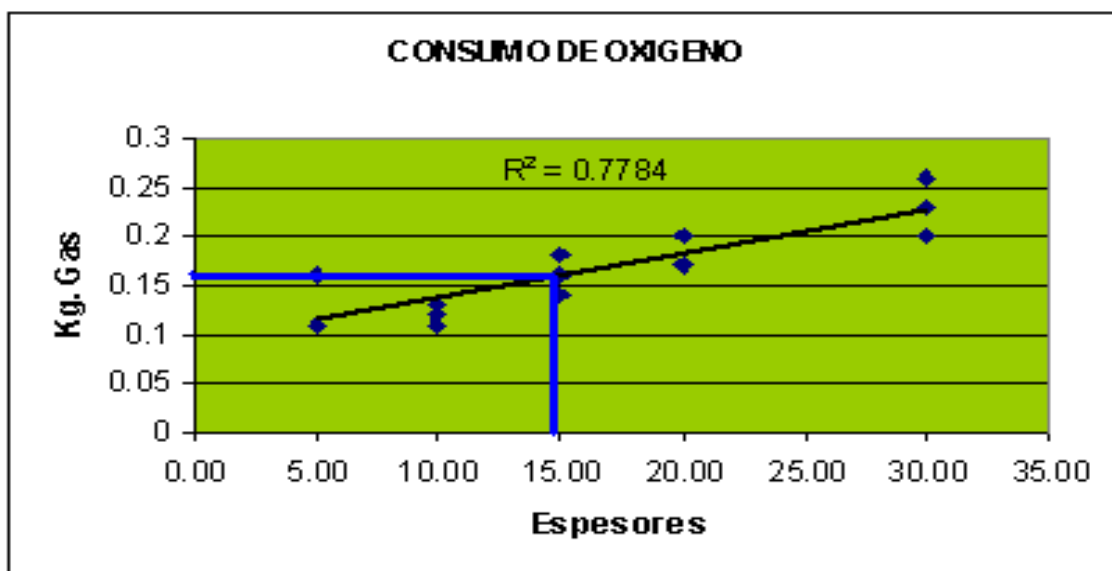
$$\begin{array}{r} 373.6 \text{ gr.} \text{ ----- } 100 \text{ mm} \\ \times \quad \text{----- } 3000 \text{ mm} \end{array} \qquad 370.6 \times 3000/100 = 11.2 \text{ kg.}$$

Para soldar 3 m de una junta 45° V con un espesor de 25 mm con electrodo E81T1-Ni2 se requieren 11.2 Kg. del mismo.

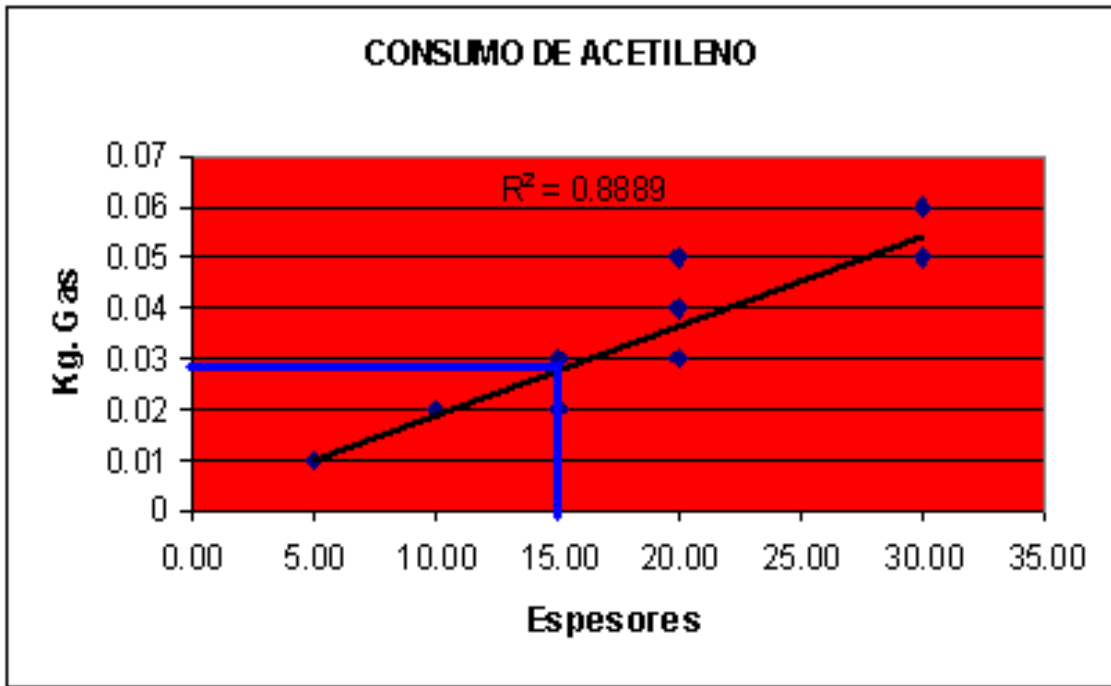
EJEMPLO 3:

Proceso: OXICORTE
Espesor: 15 mm

- Curva



Gráfica 6.70 Curva de oxígeno consumido en los ensayos de corte



Gráfica 6.71 Curva de acetileno consumido en los ensayos de corte

Valor encontrado en consumo de oxígeno: 0.16
 Valor encontrado en consumo de acetileno: 0.029
 Es decir son 160 gr. de oxígeno y 29 gr. de acetileno.

Si se desea cortar 4 m

Entonces se multiplicará los 4 m que se requiere por los 160 gr. de oxígeno y los 29 gr. de acetileno por cada metro.

$$160 \times 4 = 640 \text{ gr.} = 0.64 \text{ Kg.}$$

$$29 \times 4 = 116 \text{ gr.} = 0.116 \text{ Kg.}$$

Para cortar 4 m de una placa de 15 mm. de espesor se requieren 0.64 Kg. de oxígeno y 0.116 Kg. de acetileno.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS ECONÓMICO

7.1. INVERSIÓN EN EL ESTUDIO.

7.1.1. ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar el análisis de costos del proyecto se evaluó inicialmente los siguientes puntos:

- Materia prima (Acero e insumos).
- Mano de obra directa (Personal técnico).
- Costos directos (Asesoramiento, honorarios profesionales, remuneración estudiantes)
- Costos indirectos (Materiales varios, útiles de oficina, viáticos, etc)
- Otros costos directos (Contratación de servicios, laboratorio, etc)
- Gastos imprevistos (10%)

Nota: La tabla de costos de la materia prima e insumos se encuentra en el anexo

F

Tabla 7.1 Costo del proyecto

Descripción	Valor USD
Materia Prima e insumos	5518.79
Mano de obra directa	1350
Costos directos	3840
Costos indirectos	200
Otros costos indirectos	300
Gastos imprevistos (10%)	1120.879
Costo total del proyecto	12329.669

7.2. COSTO - BENEFICIO

Para realizar este análisis se debe tomar una estructura realizada por la división industrial de la FMSB “Santa Bárbara S.A.”, esta estructura es una viga que conforma el puente “TENA”.

Para el cálculo de los materiales consumidos se debe tomar el plano del anexo G en donde se encuentran las dimensiones requeridas para los siguientes cálculos:

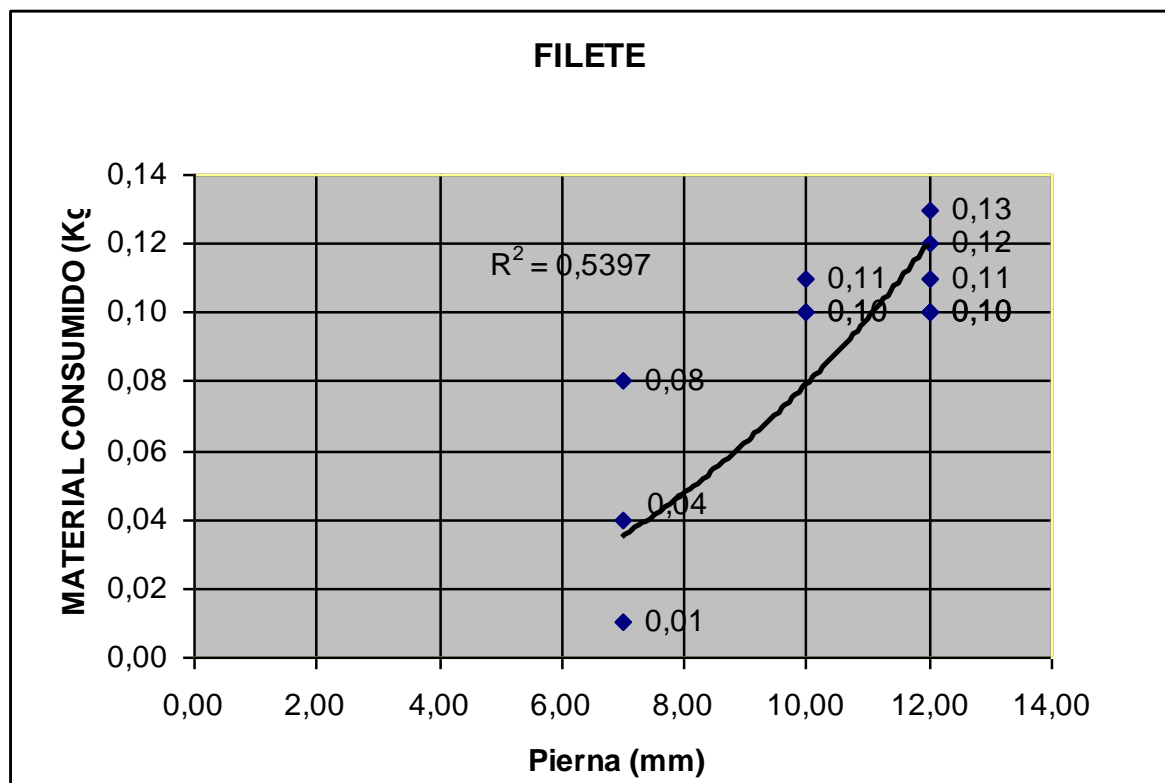
7.2.1. CONSUMO DE MATERIAL

Para calcular el consumo de material se va a dividir en dos partes, cálculo del consumo del material para armar el perfil I y para los rigidizadores que se encuentran detallados en el plano del anexo G

7.2.1.1. Cálculo del perfil I

Proceso: FCAW
Electrodo: 81T1-Ni2
Tipo de Junta: Filete
Pierna: 8 mm

- Curva



Gráfica 7.1 Curva material depositado en el proceso FCAW con electrodo E81T1-Ni2 de la junta de filete en los ensayos de soldadura

Valor encontrado: 0.05

Es decir son 50 gr.

La eficiencia de este electrodo es 97 %

Se multiplicarán los 50 gr. /0.97 = 51.5 gr., este valor es por cada 100 mm.

Según los planos de fabricación la viga tiene 10.25 m de soldadura por los 4 lados, entonces 10.25 multiplicados por 4 es igual a 41 metros de soldadura

Entonces se multiplicará los 41000 mm que se requiere por los 51.5 gr. que se necesitan por cada 100 mm.

$$\begin{array}{r} 51.5 \text{ -----}100 \text{ mm} \\ X \text{ -----}41000 \text{ mm} \end{array} \qquad 51.5 \times 41000/100 = 21.115 \text{ Kg.}$$

7.2.1.2. Cálculo de los rigidizadores

Proceso: FCAW
Electrodo: 81T1-Ni2
Tipo de Junta: Filete
Pierna: 5 mm

Valor encontrado: 0.02

Es decir son 20 gr.

La eficiencia de este electrodo es 97 %

Se multiplicarán los 20 gr. / 0.97 = 20.6 gr., este valor es por cada 100 mm.

Existen 15 rigidizadores transversales según el plano de fabricación de la viga (Anexo G), separados a una distancia especificada, estos se encuentran soldados por cordones de soldadura de 150 mm de longitud cada 150 mm de separación, entonces como el alma mide 1.795 m existen 12 cordones por cada rigidizador transversal

Entonces se multiplicará los 1800 mm de cada rigidizador por 15 de ellos a lo largo de toda la viga, dándonos como resultado el valor de 27000 mm de soldadura. Se debe saber que por cada 100 mm de soldadura se necesita 20.6 gr. de material depositado.

$$\begin{array}{r} 20.6 \text{ -----}100 \text{ mm} \\ X \text{ -----}27000 \text{ mm} \end{array} \qquad 20.6 \times 27000/100 = 5.562 \text{ Kg.}$$

Existen 28 rigidizadores longitudinales según el plano de fabricación de la viga (Anexo G), estos se encuentran soldados por cordones de soldadura de 150 mm de longitud cada 150 mm de separación, dándonos un total 152 cordones de soldadura, el valor total es de 22800 mm de soldadura de filete. Se debe saber que por cada 100 mm de soldadura se necesita 39.4 gr. de material depositado.

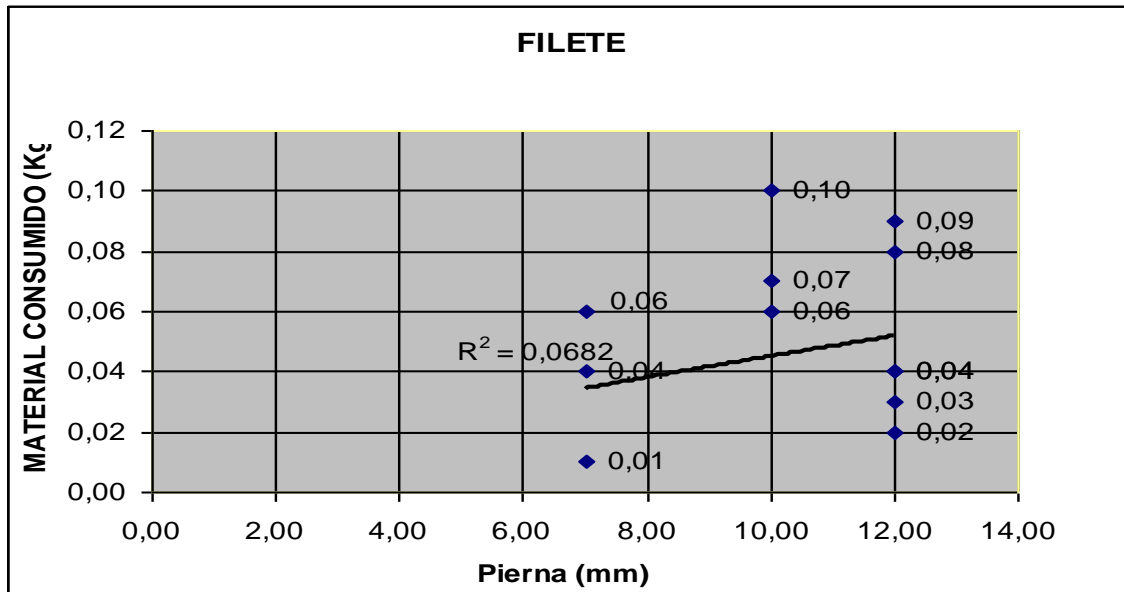
$$\begin{array}{r} 20.6 \text{ -----}100 \text{ mm} \\ X \text{ -----}22800 \text{ mm} \end{array} \qquad 20.6 \times 22800/100 = 4.6968 \text{ Kg.}$$

El peso total del material consumido es de $21.115 + 5.562 + 4.6968 = 31.3738$ Kg, como cada rollo de electrodo E81T1-Ni2 tiene 15 Kg, entonces se necesitan mas de 2 rollos de electrodo para soldar esta viga, el rollo que tiene un valor de 5.9 USD el kilo, lo cual nos da el valor es de 186 USD.

7.2.1.3. Consumo de Gas

Proceso: FCAW
Electrodo: 81T1-Ni2
Tipo de Junta: Filete
Pierna: 8 mm

- Curva



Gráfica 7.2 Curva de gas consumido en el proceso FCAW con electrodo E81T1-Ni2 de la junta de filete en los ensayos de soldadura

- Filete de 5 mm

Valor encontrado: 0.03

Es decir son 30 gr.

La eficiencia de este electrodo es 97 %

Se multiplicarán los 30 gr. /0.97 = 30.9 gr., este valor es por cada 100 mm.

Según los planos de fabricación la longitud total de soldadura en los rigidizadores es de 49800 mm, como dato de las curvas sabemos que se requiere 30.9 gr. de gas por cada 100 mm de cordón.

$$30.9 \text{ -----}100 \text{ mm}$$

$$X \text{ -----}49800 \text{ mm}$$

$$30.9 \times 49800/100 = 15.3882 \text{ Kg.}$$

- **Filete de 8 mm**

Valor encontrado: 0.038

Es decir son 38 gr.

La eficiencia de este electrodo es **97 %**

Se multiplicarán los 38 gr. / **0.97** = **39.14 gr.**, este valor es por cada 100 mm.

Según los planos de fabricación la longitud total de soldadura en los patines y el alma es de 41000 mm, como dato de las curvas sabemos que se requiere 39.14 gr. de gas por cada 100 mm de cordón.

Entonces se multiplicará los 41000 mm que se requiere por los 98.5 gr. que se necesitan por cada 100 mm.

$$\begin{array}{r} 39.14 \text{ -----}100 \text{ mm} \\ X \text{ -----}41000 \text{ mm} \\ \hline \end{array} \qquad 39.14 \times 41000/100 = 16.047 \text{ Kg.}$$

El total de consumo de gas en peso es de 31.435 Kg., cada tanque de CO₂ contiene 20 Kg de gas, entonces se necesitan dos tanques de gas de protección para soldar esta viga; este tiene un valor de 24 USD, lo cual nos da el valor es de 48 USD.

Al final sumamos los valores de consumo de material y gas y nos da un total de 234 USD para soldar solo una viga.

7.3. AHORRO ESPERADO

Según los planos de fabricación de la viga en el anexo B procederemos a calcular el peso total de la viga, estos son material base mas material de aporte.

- **Cálculo del peso del perfil I**

$$Patines = \frac{19.05}{1000} (2)(10.25)(0.3) = 0.1171m^3$$

$$Alma = \frac{9.53}{1000} (10.25)(1.796) = 0.1754m^3$$

$$VolT = 0.1171 + 0.1754 = 0.2925m^3$$

$$\delta a = 7850 \frac{Kg}{m^3} \quad msol = 10.2992Kg$$

$$mperfil = 0.2925(7850) = 2296.87Kg$$

$$mperfilT = 2296.87 + 10.2992 = 2307.17Kg$$

- **Cálculo de los rigidizadores Transversales**

$$VolRt = \frac{9.53}{1000} (1.796) \left(\frac{146}{1000} \right) (15) = 0.03748m^3$$

$$\delta a = 7850 \frac{Kg}{m^3} \quad msol = 2.6494Kg$$

$$mrigi = 0.03748(7850) = 294.247Kg$$

$$mrigiT = 294.247 + 2.6494 = 296.8964Kg$$

- **Cálculo de los rigidizadores longitudinales**

$$VolRt = 0.000953 \left[\frac{150}{1000} (4) + \frac{200}{1000} (4) + \frac{600}{1000} (8) + \frac{954}{1000} + \frac{946}{1000} + \frac{1600}{1000} (8) \right]$$

$$VolRt = 0.0199m^3$$

$$\delta a = 7850 \frac{Kg}{m^3} \quad msol = 2.23725Kg$$

$$mrigi = 0.0199(7850) = 156.35Kg$$

$$mrigiL = 156.35 + 2.23725 = 158.59Kg$$

- **Peso total de la viga**

$$Pt = 2307.17 + 296.8964 + 158.59 = 2762.6564Kg$$

La siguiente relación tomada del peso total del puente Tena realizado por la fábrica FMSB es la siguiente

180 ton puente ----- 4.5 ton electrodo

2.76 ton viga----- X=70 Kg de electrodo E81T1-Ni2

Según el punto 7.2.1, con el uso de las curvas la viga ocuparía 30.3738 Kg de electrodo E81T1-Ni2, lo cual nos da un ahorro de 39.6262 Kg de electrodo, el precio de electrodo es de 5.9 USD el kilo, entonces como ahorro esperado tendríamos alrededor de 234 dólares solo en material de aporte con lo cual se comprueba que existe un beneficio para la empresa.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- La obtención de los estándares de consumo de materiales e insumos fue todo un éxito ya que se pudo verificar que las eficiencias totales en peso de los materiales de aporte y gases de protección fueron altas según el punto 6.2, lo que nos indica que existe un mínimo desperdicio en los procesos de soldadura y corte. Con todo esto es evidente un ahorro significativo con el uso de las curvas de consumo para la fabricación de estructuras metálicas donde estos procesos estén presentes.
- Cuando se realizó las especificaciones de procedimiento de soldadura se tomaron como referencia algunos hechos anteriormente en la fábrica, a excepción de la junta en K ya que esta no se encontraba precalificada dentro del código AWS D1.1, dando como resultado que estos se encontraban correctamente elaborados.
- El registro de calificación (PQR) de la junta en K paso todas las pruebas requeridas por el código como se indica en el punto 3.3.1, mientras que la comprobación del resto de juntas fue satisfactoria debido a que la mayoría de probetas pasaron las pruebas de doblado de lado.

- Cabe señalar que en la obtención de las curvas de consumo de material de aporte y consumo de gas no se encontró mucha variabilidad es decir, todos los ensayos arrojaron valores muy parecidos y con muy poca desviación, esto quiere decir que el uso de las curvas es totalmente viable para cualquier tipo de proceso de soldadura y corte.
- Con todos los puntos anteriormente señalados, se puede concluir que sin el uso de las curvas de consumo no existe un ahorro en la optimización en los procesos y uso de los materiales según el punto 7.2
- Finalmente podemos decir que el proyecto será de gran ayuda para la productividad de la fabrica y que esta pueda ser más competitiva dentro del desarrollo de nuestra sociedad y la industria Ecuatoriana.

8.2. RECOMENDACIONES

- La Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” debe seguir implementando estudios de este tipo, de manera que por medio de la investigación y ejecución de ensayos, puedan optimizar todos sus procesos operativos de fabricación y de construcción.
- Para realizar futuros estándares de consumo de material para otro tipo de soldadura o corte se deben seguir todos los pasos ya establecidos en este proyecto, pero se tiene que tener mucho cuidado en la elaboración de procedimientos de calificación requeridos ya que cualquier variación, sean estas de tipo eléctrico u operativo se necesita realizar una recalificación.
- Para realizar cualquier tipo de cálculo de material en las curvas es importante conocer que proceso, tipo de electrodo, tipo de junta y el

espesor que se va a soldar para una correcta utilización de las mismas, por otra parte en las curvas de corte solo necesitamos conocer el espesor de la placa a cortar.

- Para mas eficiencia en las curvas de consumo se debería haber realizado como mínimo 5 ensayos, pero por la falta de presupuesto y tiempo se limito a solo 3 ensayos los cuales nos dieron valores muy precisos y confiables.
- Finalmente se debe señalar que el uso de estos estándares de consumo y de las curvas es exclusivo de la fábrica FMSB “Santa Bárbara S.A.”